

АНОТАЦІЯ

Кривий П.Д. Дослідження особливостей і характеристик мультиплексування та частотного розділення сигналу в оптоволоконному кабелі.

Метою дослідження є аналіз методів та технологій мультиплексування та частотного розділення сигналів.

Об'єкт дослідження – процес передачі інформації через оптоволоконний кабель у ВОСП.

Предмет дослідження – мультиплексування сигналу у волоконно-оптичному середовищі, особливості частотного розділення сигналу.

У дипломній роботі розглядаються основні характеристик передачі світлового сигналу в оптоволоконному кабелі, проводиться аналіз основних методів мультиплексування та частотного розділення сигналу в оптоволоконному кабелі, проводиться порівняння технологій WDM та PON, пропонується альтернативна модель системи мультиплексування.

Ключові слова: оптоволокну; ВОСП; ВОК; мультиплексування; WDM; TDM; PON.

Дипломна робота містить 113 сторінок, 13 таблиць, 31 рисунків, список літератури 20 найменувань.

ABSTRACT

Kryvyi P.D. Research of features and characteristics of multiplexing and frequency-division signals in fiber optic cables.

The aim of the research is to analyze the methods and technologies of multiplexing and frequency division of signals.

Object of research - the transfer of information through fiber optic cable in the FOTS.

Subject of the research - signal multiplexing in fiber optical media, specificity of the frequency-division of the signal.

In a research paper examines the main characteristics of the transfer of light signals in fiber optic cables, the analysis of the main methods and frequency division multiplexing signal in fiber optic cables, the comparison of technologies WDM and PON, proposed an alternative model of multiplexing.

Key words: fiber optic, FOTS, FOC, multiplexing, WDM, TDM, PON.

Thesis contains of 113 pages, 13 tables, 31 figures, 20 references.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
Розділ 1	
Аналіз особливостей передачі світлового сигналу.....	11
1.1 Фізичні основи передачі по волоконно-оптичних світловодах	11
1.2 Мультиплексування.....	22
1.2.1 Метод частотного ущільнення (FDM).....	23
1.2.2 Метод часового ущільнення.....	24
1.2.2.1 Часове мультиплексування двійкових потоків.....	25
1.2.3 Модове ущільнення.....	26
1.2.4 Ущільнення за поляризацією.....	27
1.2.5 Технологія WDM	28
1.3 Висновки до розділу.....	28
Розділ 2	
Методи мультиплексування сигналів.....	29
2.1 SDH, ATM, Ethernet.....	29
2.2 Технологія DWDM та CWDM.....	31
2.2.2 Відмінності WDM та TDM.....	38
2.3 PON – пасивні мережі доступу.....	40
2.3.1 APON	43
2.3.2 BPON.....	43
2.3.3 GPON	43
2.3.4 EPON	45
2.3.5 Організація передачі даних в пасивних оптичних мережах на прикладі GEPON.....	47
2.4 Основні методи цифрового кодування.....	52
2.5 Висновки до розділу.....	54
Розділ 3	
Розробка структурної схеми альтернативної системи мультиплексування.....	55

3.1 Порівняння сучасних систем мультимплексування.....	55
3.2 Структурна схема альтернативної системи мультимплексування сигналу....	60
3.2.1 Реалізація структурної схеми.....	64
3.3 Вимірювання та моніторинг.....	66
3.3.1 Короткий огляд оптичного моніторингу.....	67
3.3.2 Рефлектометри за вимірювання параметрів оптичних компонентів.....	71
3.3.3 Оптичні аналізатори спектра при вимірюванні параметрів оптичних компонентів.....	76
3.4 Висновки до розділу.....	78
Розділ 4	
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	79
4.1 Захист від електромагнітного випромінювання.....	79
4.2 Захист програмного забезпечення від надзвичайних ситуацій.....	84
4.3 Висновки до розділу.....	88
Розділ 5	
Обґрунтування економічної ефективності.....	90
5.1 Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи.....	90
5.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи.....	91
5.3 Розрахунок матеріальних витрат.....	94
5.4 Розрахунок витрат на електроенергію.....	95
5.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.....	96
5.6 Обчислення накладних витрат.....	97
5.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР.....	97
5.8 Розрахунок ціни проведеного дослідження.....	98
5.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	99
5.10 Висновки до розділу.....	100
Розділ 6	
Екологія.....	102
6.1 Використання в Україні альтернативних джерел енергії.....	102

6.2 Організаційні форми, види і способи статистичного спостереження в екології.....	104
6.3 Моніторинг атмосферного повітря.....	108
6.4 Висновки до розділу.....	110
Висновки.....	111
Список використаних джерел.....	112

ВСТУП

Актуальність теми. Телекомунікації являються однією з сфер, що мають найстрімкіший розвиток. На сьогоднішній день, системи передачі інформації є невід'ємною частиною нашого життя: як в аспектах бізнесу та економіки, так і на побутовому рівні. Головними вимогами до систем телекомунікації є висока швидкість та надійність передачі інформації.

Оптичні лінії зв'язку засновані на застосуванні в якості середовища передачі оптичних волоконних світловодів, вмонтованих в оптичний кабель. Оптичні кабелі зв'язку мають значні переваги перед мідними кабелями, а оптичний зв'язок перед усіма видами радіозв'язку. До них відносяться: висока пропускна здатність, захищеність від зовнішніх електромагнітних полів, низькі втрати і, відповідно, велика довжина ділянки ретрансляції, малі габарити та маса, висока економічність.

Оскільки з кожним роком їхня пропускна здатність зростає, тому з метою ефективного використання ресурсів, виникає потреба в підключенні максимальної можливої кількості користувачів до однієї лінії та максимального використання потенціалу оптоволоконних ліній передачі інформації. Саме тому дослідження методів та технологій мультиплексування сигналу є актуальним.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є аналіз особливостей середовища оптичної передачі даних, а також методів і технологій мультиплексування та частотного розділення сигналів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було такі задачі:

- Провести аналіз особливостей і характеристик мультиплексування та частотного розділення сигналу в оптоволоконному кабелі.
- Розглянути явища які безпосередньо впливають на передачу даних.
- Провести аналіз методів та технологій мультиплексування та частотного розділення сигналів.
- Здійснити порівняння існуючих систем мультиплексування сигналу та виділити їхні переваги та недоліки.

- Розробити структурну схему альтернативної системи мультимплексування та частотного розділення сигналу в оптоволоконному кабелі.

Об'єкт дослідження – процес передачі інформації через оптоволоконний кабель у волоконно-оптичних системах передачі.

Предмет дослідження – мультимплексування (ущільнення) сигналу у волоконно-оптичному середовищі, особливості частотного розділення сигналу.

Наукова новизна одержаних результатів:

- Вперше запропоновано використання принципу паралелізму в волоконно-оптичних системах передачі інформації (використання кількох каналів передачі, як одного).

- Вперше здійснено максимально ефективне використання групового каналу передачі інформації за рахунок використання динамічних вікон часу для користувачів.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена система мультимплексування може застосовуватись для магістральних ліній зв'язку, багатократно збільшуючи пропускну здатність групового потоку, та для організацій повноцінних оптоволоконних мереж.

Апробація результатів роботи. Окремі результати роботи апробовано на міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль (2013р.).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПЕРЕДАЧІ СВІТЛОВОГО СИГНАЛУ

На сучасному етапі розвитку оптичних інформаційних технологій спостерігається стрімке зростання об'ємів трафіку, що передається по лініях зв'язку, при цьому потреба у збільшенні пропускної здатності мереж зв'язку щорічно приблизно подвоюється. Вирішення цієї проблеми здійснюється шляхом модернізації існуючих волоконно-оптичних систем передавання (ВОСП) із застосуванням нових технологій, що дозволяють максимально використовувати ємність вже прокладених оптичних кабелів та потребують менших термінів реалізації та пов'язаних з цим витрат порівняно з будівництвом нових волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) з більш високими швидкостями передавання даних.

Питаннями впровадження нових технологій телекомунікацій України займалися такі провідні українські вчені, як Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Панфілов І.П., Каток В.Б.

1.1. Фізичні основи передачі по волоконно-оптичних світловодах

Електромагнітною хвилею називається змінне в часі електромагнітне поле, що розповсюджується в просторі. Електромагнітні хвилі залежно від їхнього спектра поділяють на діапазони (Таблиця 1.1).[1]

Таблиця 1.1

Види випромінювання та їх діапазони.

Випромінювання	Довжина хвилі
Гамма-випромінювання	$<0,0012 \text{ нм}$
Рентгенівське випромінювання	$0,0012 \text{ нм} \div 12 \text{ нм}$
Ультрафіолетове випромінювання	$12 \text{ нм} \div 380 \text{ нм}$
Видиме випромінювання	$380 \text{ нм} \div 760 \text{ нм}$
Інфрачервоне випромінювання	$760 \text{ нм} \div 1 \text{ мм}$
Радіохвилі	$>1 \text{ мм}$

У видимому діапазоні основні кольори є такими: фіолетовий 380 нм ÷ 455 нм; блакитний 455 нм ÷ 492 нм; зелений 492 нм ÷ 577 нм; жовтий та жовтогарячий 577 нм ÷ 622 нм; червоний 622 нм ÷ 760 нм.

У волоконній оптиці використовується ближній діапазон інфрачервоного спектру випромінювання 800 нм ÷ 1700 нм.

Для передачі світла по волоконних світловодах використовують ефект повного внутрішнього відбиття (ПВВ).

За законом Снеліуса – відношення синуса кута променя, що падає на границю розділу середовищ з різною оптичною щільністю, до синуса кута променя, що проходить в інше середовище (заломлюється), дорівнює відношенню показників заломлення цих середовищ

$$\frac{\sin\varphi_1}{\sin\varphi_2} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (1.1)$$

де:

φ_1 – кут падіння (кут між променем, що падає, та перпендикуляром до границі розділу двох середовищ в точці падіння);

φ_2 – кут заломлення (кут між заломленим променем та вищезгаданим перпендикуляром);

n_1 – показник заломлення матеріалу першого середовища;

n_2 – показник заломлення матеріалу другого середовища.

Якщо промінь переходить з оптично більш щільного середовища до оптично менш щільного середовища, тобто $n_1 > n_2$, то $\varphi_2 > \varphi_1$. Тоді за певного кута падіння ($\varphi_{1кр}$) на границю двох середовищ, промінь, що падає, буде повністю відбиватись (кут відбиття = куту падіння), отже, вся потужність випромінювання залишатиметься в першому середовищі, (подібне явище можна спостерігати при зануренні у воду, тоді, на певній глибині з води стає видно небо лише у вигляді кола.) як показано на рис. 1.1.

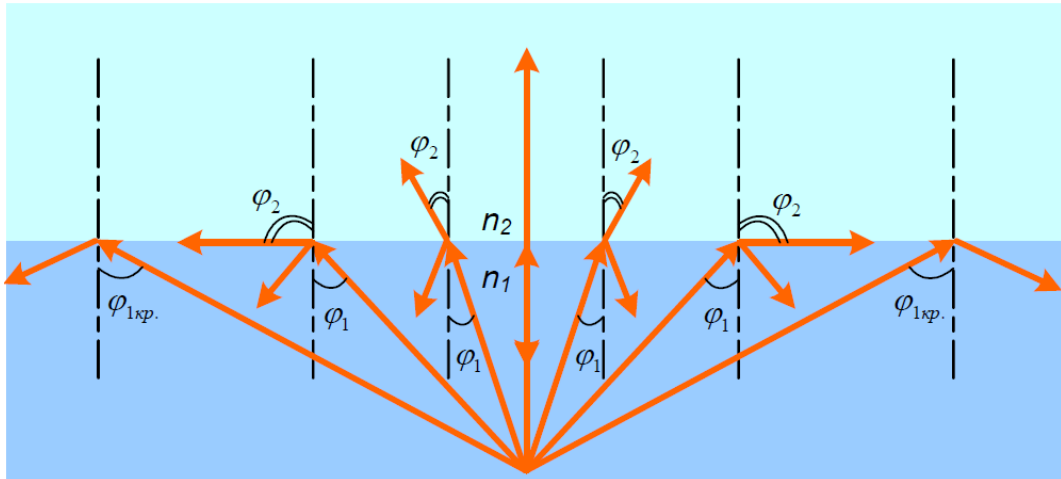


Рис. 1.1 – Приклад повного внутрішнього відбиття

Важливою характеристикою матеріалу в оптичному діапазоні є показник заломлення. Показник заломлення показує, в скільки разів фазова швидкість електромагнітної хвилі в середовищі є меншою від швидкості розповсюдження світла у вакуумі. Для фазової швидкості електромагнітних хвиль в діелектрику маємо формулу:

$$\vartheta = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \mu_r \cdot \mu_0}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \cdot \mu_r}} = \frac{c}{n}, \quad (1.2)$$

де:

$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ – відносна діелектрична проникність середовища;

$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ – відносна магнітна проникність;

ε_0 – діелектрична проникність вакууму ($\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\text{Фарада}}{\text{метр}} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$);

μ_0 – магнітна проникність вакууму ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Генрі}}{\text{метр}} = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ ГН/м}$);

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{\text{Ф} \cdot \text{ГН}}{\text{м} \cdot \text{м}}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\text{а}^2 \cdot \text{сек}^4}{\text{кг} \cdot \text{м}^2} \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{а}^2 \cdot \text{сек}^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\text{а}^2 \cdot \text{сек}^4 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{кг} \cdot \text{м}^4 \cdot \text{а}^2 \cdot \text{сек}^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\text{сек}^2}{\text{м}^2}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}} \right) - \text{швидкість світла у}$$

вакуумі;

$n = \sqrt{\varepsilon_r \cdot \mu_r}$ – показник заломлення.

Таким чином, маємо: $n = \frac{c}{\vartheta}$.

Показник заломлення залежить від довжини хвилі або частоти світлової хвилі, температури та тиску в середовищі (останнє більш суттєве для газів). Наприклад, для води при 20°C для довжини хвилі 404,7 нм $n=1,3428$, а для 678,0 нм $n=1,3308$. Зі збільшенням температури показник заломлення зменшується, але ці зміни показника заломлення є дуже незначними (мільйонні долі на градус).

Добуток показника заломлення на геометричний шлях світлового променя називається оптичною довжиною шляху.

В оптичному волокні показник заломлення серцевини вздовж радіуса поперечного перерізу волокна має бути більшим від показника заломлення оболонки (принаймні в деякому проміжку зміни радіальної координати точки серцевини). Залежність величини показника заломлення за радіальною віссю світловода називається профілем показника заломлення (ППЗ) та зображена на рис. 1.2.

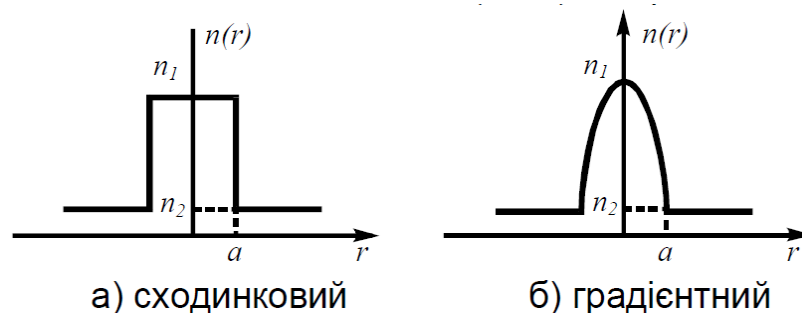


Рис. 1.2 – Профіль показника заломлення

Повний опис процесу розповсюдження світла по волоконному світловоду (ВС) дає хвильова електромагнітна теорія. Вона показує, що розповсюджуватись по волоконному світловоду можуть лише ті типи хвиль, що формують у поперечному перерізі ВС резонансну хвилю. Такі типи хвиль утворюють моди хвилеводу.

Режим роботи ВС (одно- чи багатомодовий) визначається величиною нормованої частоти v :

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{\lambda} \cdot (n_1^2 - n_2^2)^{0.5}, \quad (1.3)$$

де:

λ – довжина хвилі випромінювання оптичного джерела;

a – радіус серцевини ВС;

n_1 – максимальне значення показника заломлення в серцевині;

n_2 – показник заломлення в оболонці.

Якщо $0 < v < 2,4048$, у волокні зі сходи́нковим профілем показника заломлення виконується одномодовий режим.

За багатомодового режиму у волокні розповсюджується сукупність мод (променів, що введені у волокно (з його торцевої поверхні) під різними кутами). Типовими розмірами (діаметр серцевини/діаметр оболонки) для багатомодових оптичних волокон є 50/125 мкм та 62,5/125 мкм. Як правило, багатомодові оптичні волокна мають градієнтний профіль показника заломлення для зменшення міжмодової дисперсії. Найпоширенішою сферою застосування багатомодових оптичних волокон є локальні оптичні мережі.

На відміну від багатомодових, одномодові оптичні волокна (в котрих на різних довжинах хвиль розповсюджується одна мода) мають менший діаметр серцевини ((7÷9)/125 мкм). Внаслідок розповсюдження лише однієї моди за одномодового режиму відсутня міжмодова дисперсія, котра суттєво зменшує довжину регенераційної ділянки.

Ефективність введення оптичного випромінювання у світловод характеризує апертура оптичного волокна (параметр має важливе значення для багатомодових волокон)

Для оцінки величини цього параметра використовують поняття числової апертури, що для волокна із сходи́нковим ППЗ визначається за формулою

$$NA = n_0 \cdot \sin \varphi, \quad (1.4)$$

де n_0 – показник заломлення середовища, у якому виконуються виміри (для повітря за умови нормального тиску та температури 0°C показник заломлення $n_0 = 1,000297$), а φ – кут між віссю ВС та твірною конуса променів, що виходять з торця на виході світловоду.

Апертурні характеристики ВС визначають діапазон кутів φ , за яких світло

розповсюджується без втрат на випромінювання в оболонку. Ці кути визначаються умовою повного внутрішнього відбиття на границі серцевина-оболонка як показано на рис 1.3.

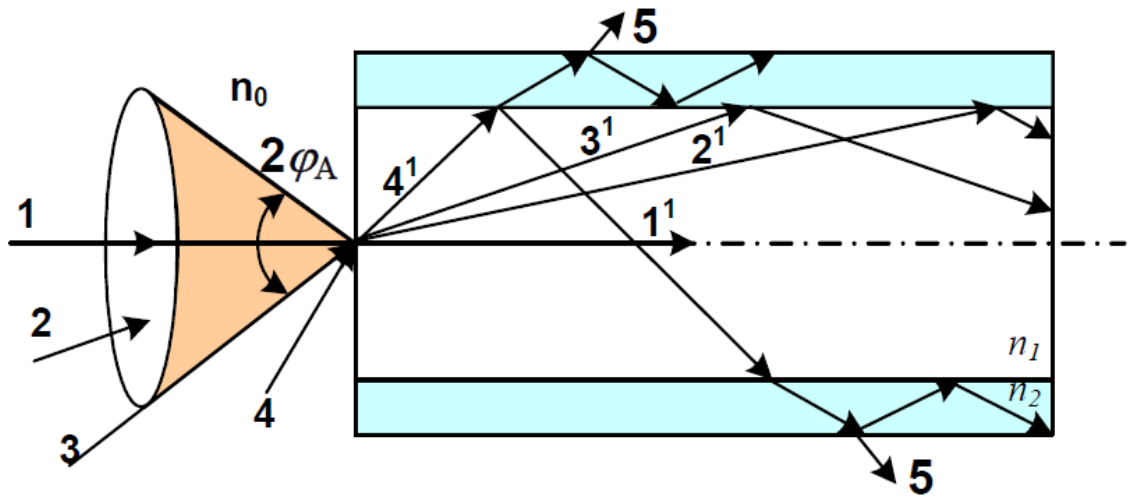


Рис. 1.3 – Хід променів у ВС за різних кутів падіння

При цьому вісь конуса співпадає з віссю оптичного волокна, а торець оптичного волокна перпендикулярний його осі. На рисунку:

1,2 – промені, що падають на торець світловоду під кутом $\phi < \phi_A$, відбиваються від границі серцевина-оболонка та розповсюджуються у серцевині волокна як промені 1^1 та 2^1 . Це так звані "напрямлювані моди" (на рисунку промінь 1^1 осьовий).

3 – промінь, що падає на торець світловоду під кутом $\phi = \phi_A$, відбивається від границі серцевина-оболонка у серцевину волокна та розповсюджується у ній. Промінь 3^1 – це також напрямлювана мода.

4 – це промені, що падають на торець світловоду під кутом $\phi > \phi_A$, частково відбиваються від границі серцевина-оболонка у серцевину волокна, а здебільшого заломлюються в оболонку, де втрачають свою енергію, не передаючи енергію сигналу, що розповсюджується по ВС. Промені 4^1 – це «витікаючі моди (моди оболонки)». Якщо маємо у якомусь місці згин ВС, то промінь 3^1 після заломлення на границі серцевина-оболонка так само стає частково витікаючою модою.

5 – це промені, що випромінюються з оболонки в оточуюче середовище, тобто «моди випромінювання».

При розповсюдженні світла по оптичному волокну відбуваються втрати оптичної потужності. Втрати світла у волокні можна умовно розділити на втрати у матеріалі волокна та втрати, за рахунок недосконалості границі між серцевиною та оболонкою. Головними є втрати в матеріалі волокна, що визначаються двома причинами — розсіюванням і поглинанням. [1]

Розсіювання (зміна напрямку) світла притаманне всім середовищам і відбувається на оптичних неоднорідностях – флуктуаціях щільності і складу скла (а у волокнах також і на порушенні геометричної форми серцевини і оболонки). При цьому частина оптичної енергії розсіюється відносно напрямку розповсюдження (або покидає волокно) і перетворення енергії відсутнє.

Коли $r \ll \lambda$ (розмір неоднорідності значно менший за довжину поширюваної хвилі), розсіювання називається Релеєвським і його потужність зменшується із зростанням довжини хвилі пропорційно $1/\lambda^4$. В природі явищем Релеєвського розсіювання пояснюється наприклад, блакитний колір неба, білий колір хмаринок і червоний колір Сонця при його сході та при заході.

При $r \sim \lambda$ має місце розсіювання Мі. В природі цим пояснюється, наприклад, зміна кольору неба від блакитного в zenіті до темного на обрії. Мала або повна непрозорість туману є наслідком сильного розсіювання Мі. Ослаблення світла Сонця на сході та заході також значною мірою зумовлено розсіюванням Мі.

В оптичних волокнах високої якості відсутні неоднорідності розмірів, що можуть бути порівнянні з довжиною хвилі. За своєю природою скло є неупорядкованою структурою, однак мікроскопічні відхилення від середньої щільності матеріалу, а також локальні мікроскопічні зміни у його складі, за своїми розмірами менші за довжину хвилі.

Окрім Релеєвського та Мі розсіювань у оптичному волокні можуть виникати розсіювання, що обумовлені нелінійними ефектами. Це вимушене розсіювання Рамана та вимушене розсіювання Мандельштама-Бріллюена.

Втрати на поглинання зумовлені як власним поглинанням у склі, так і поглинанням через домішки. При цьому частина енергії світла, що розповсюджується в матеріалі, перетворюється на тепло, збільшуючи теплову енергію матеріалу. Лінії поглинання кварцу лежать в ультрафіолетовій частині спектра (переходи між енергетичними рівнями електронів у атомах) та в інфрачервоній (переходи між коливальними рівнями атомів у решітці). Вони розташовані далеко від області спектра, що нас цікавить ($0,8 \div 1,6$ мкм). Однак, власне поглинання настільки велике, що кінці смуг поглинання захоплюють робочу область кварцових волокон за досить низького рівня втрат. Власне поглинання і Релеєвське розсіювання на мікро-флуктуаціях щільності матеріалу кварцового світловоду визначають мінімально досяжні фундаментальні втрати в матеріалі світловоду. На рис. 1.4 показана спектральна характеристика коефіцієнта загасання в кварцовому світловоді з низьким рівнем витрат. Області: I – ($820 \div 860$ нм); II – ($1280 \div 1330$ нм); III – ($1520 \div 1580$ нм) – вікна прозорості.[2][4]

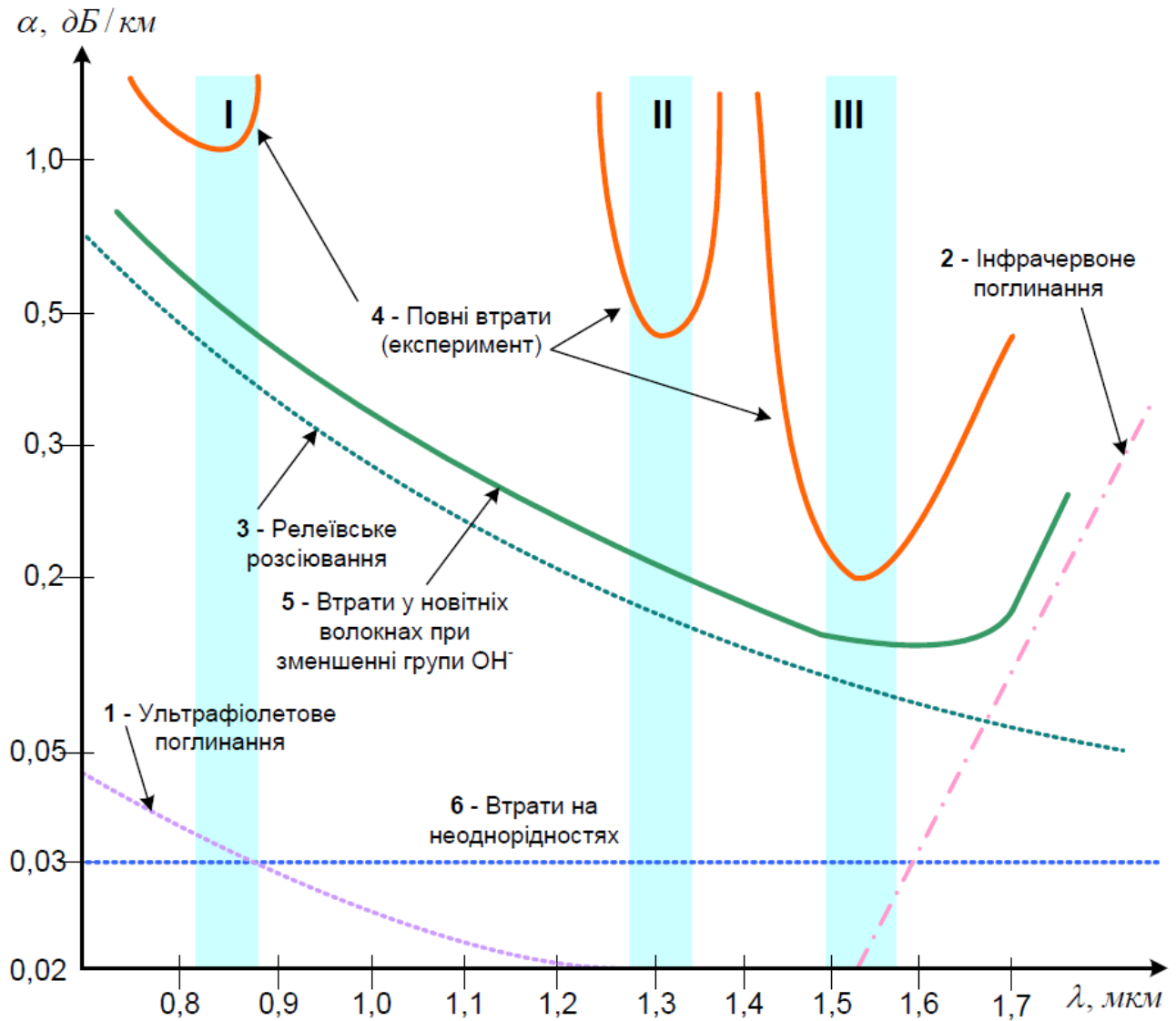


Рис. 1.4 – Спектральна характеристика коефіцієнта загасання в світловоді.

Крива 1 – ультрафіолетове поглинання в матеріалі, крива – 2 інфрачервоне поглинання, 3 – Релеєвське розсіювання.

Втрати у світловоді збільшуються через наявність домішок. Домішки можуть бути як небажаними, так і спеціально введеними до складу скла. Це необхідно для створення матеріалів з різним значенням показника заломлення – більшим для матеріалу серцевини (цьому слугують оксиди германію чи фосфору) та меншим для матеріалу оболонки волоконного світловоду, що досягається введенням до складу скла фтору чи оксиду бору. Треба зауважити, що домішки бору не застосовують, якщо волоконний світловод буде працювати на довжинах хвиль близько 1,55 μm .

Найбільш небажаними є домішки води і перехідних металів першої групи (ванадію, хрому, магнію, залізі, кобальту та нікелю). Довжини хвиль, на яких поглинають домішки металів, залежить від міри окислення іону металу. Для того, щоб приріст поглинання не перевищував 1 дБ/км, концентрація домішок повинна бути нижчого від 10^{-9} .

Наявність іонів гідроксильної групи OH^- , що входить до складу води, призводить до збільшення поглинання на довжинах хвиль: 2,37, 1,39, 1,24, 1,13, 0,95, 0,88, 0,72 мкм. Вони разом з прозорою частиною спектра зумовлюють утворення так званих “вікон прозорості” з мінімальним поглинанням на хвилях довжиною 0,85, 1,3 та 1,55 мкм. Їхня ширина залежить від складу скла серцевини оптичного волокна. На робочих довжинах хвиль $0,8 \div 0,9$ мкм концентрацію водяних парів достатньо знизити до 10^{-7} . Однак, при $\lambda=1,2 \div 1,6$ мкм концентрація групи OH^- повинна бути не вищою від 10^{-8} . Досягнути цього надзвичайно важко. Однак, останнім часом розроблені оптичні волокна, для яких ця проблема вирішена (крива 5 на рис. 1.4), що дає можливість відкрити нові робочі діапазони на довжинах хвиль в діапазоні $350 \div 1450$ нм. У порівнянні зі звичайними одномодовими волокнами зменшення втрат в межах цього вікна прозорості робить можливим створення ліній передач з більшою довжиною регенераційної ділянки і здійснювати передачу на високій швидкості (10 Гбіт/с) приблизно на вдвічі більшу відстань.

Втрати у волокні збільшуються також через низку причин (крива 6 на рис. 1.4), що зумовлені недостатньо досконалою технологією виготовлення світловодів і кабелів: забрудненням волокон у процесі їхнього витягування, коливанням розмірів поперечного перерізу вздовж світловоду, нерівністю границі серцевина-оболонка, а також згладжуванням цієї границі під час витягування волокна через дифузію домішок, які вводяться для зміни показника заломлення, виникненням мікро- та макровигинів при виготовленні кабелю.

Експериментальна крива 4 (рис. 1.4) має три локальних мінімуми — вікна прозорості на довжинах хвиль 0,85; 1,3 та 1,55 мкм.

Для визначення втрат оптичної потужності в оптичному волокні необхідно знати потужність (або рівень потужності) на виході волокна, що досліджується, та потужність (або рівень потужності), яка подається у волокно, що досліджується. Загасання у кабелі, що вимірюється, визначають за формулою:

$$A(\lambda) = 10 \lg \frac{P_1(\lambda)}{P_2(\lambda)}, \quad (1.5)$$

де: $A(\lambda)$ – загасання в оптичному кабелі, дБ. P_1 та P_2 – відповідно потужності на вході та виході оптичного волокна, що вимірюється, Вт.

λ – довжина хвилі, на якій проведені вимірювання, мкм. Потужність сигналу часто характеризують по відношенню до 1 мВт, це значення називають рівнем потужності, (рівень потужності визначається в дБм, де літера “м” вказує на величину потужності з якою порівнюють, в даному випадку міліват, інколи рівень потужності є відношенням до 1 нВт і визначається в дБн). Рівень потужності визначається за формулою:

$$p_1 = 10 \lg \frac{P_1}{1 \text{ мВт}}, \text{ дБм}, \quad (1.6)$$

де P_1 потужність, що вимірюється у мВт. Загасання у волокні, що вимірюється, визначають за формулою:

$$A = p_1 - p_2, \text{ дБ}. \quad (1.7)$$

Коефіцієнт загасання у волокні, що вимірюється (довжиною L), визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{A}{L}, \text{ (дБ/км)}. \quad (1.8)$$

Розповсюдженню світла в середовищі притаманні такі явища як інтерференція, дифракція, дисперсія, поляризація.

Інтерференція – це зміна середньої щільності потоку енергії, зумовлена суперпозицією (накладанням) електромагнітних хвиль.

Інтерференція хвиль виникає лише тоді, коли хвилі, що взаємодіють, мають однакову частоту і незалежний від часу зсув фаз в кожній точці. Джерела, що випромінюють такі хвилі, називаються когерентними.

Дифракція – це відхилення світлових променів від прямолінійного шляху при проходженні поблизу границі перепон, внаслідок чого хвиля огинає зустрічну перепону (при стуленні вій можна бачити появу різнокольорових смуг, що виникають внаслідок дифракції, вій в даному випадку стають аналогом дифракційної ґратки).

Дисперсія – це залежність показника заломлення від довжини хвилі (частоти). Внаслідок дисперсії хвилі з різною частотою проходять різний оптичний шлях (кутова дисперсія сонячного світла на краплях води після дощу спричиняє райдугу).

Поляризація – це характеристика рівномірності розподілу за напрямком коливань векторів напруженості електричного та магнітного поля електромагнітної хвилі в площині, перпендикулярній до напрямку розповсюдження електромагнітної хвилі.

Світлова хвиля, в котрій напрямок вектора напруженості електричного поля змінюється випадковим чином, називається неполяризованим світлом, наприклад сонячне (природне) світло

Хвилі, для котрих вектор напруженості електричного поля буде здійснювати коливання в одній площині на всьому шляху розповсюдження хвилі називають лінійно поляризованими. Площина, в котрій знаходиться вектор напруженості електричного поля в лінійно поляризованій хвилі, називається площиною поляризації.

Пристрої, що здійснюють перетворення природного світла в поляризоване світло, називають поляризаторами.

1.2. Мультиплексування

Мультиплексування – це ущільнення каналу передачі даних, тобто, передача кількох потоків (каналів) даних по одному каналу. Найчастіше даний метод застосовується тоді, коли ємність каналу перевищує потреби одного користувача, а встановлення лінії передачі є надто затратним.[1][4]

1.2.1. Метод частотного ущільнення (FDM)

При частотному мультиплексуванні (FDM – Frequency Division Multiplexing) смуга частот загального каналу F_k поділяється на деяку кількість смуг (підканалів або піднесучих), смуга частот яких відповідає основній смузі частот вхідного каналу (Δf_{ex}). При цьому

$$F_k \geq 10\Delta f_{ex}, \quad (1.9)$$

а $n \leq \frac{F_k}{\Delta f_{ex}}$. Ці підканалі (частотні смуги) можна використовувати для передавання повідомлень від

n джерел, організувавши для цього перенос спектра сигналу від кожного джерела у відведений йому діапазон частот загального каналу, як показано на рис. 1.5.

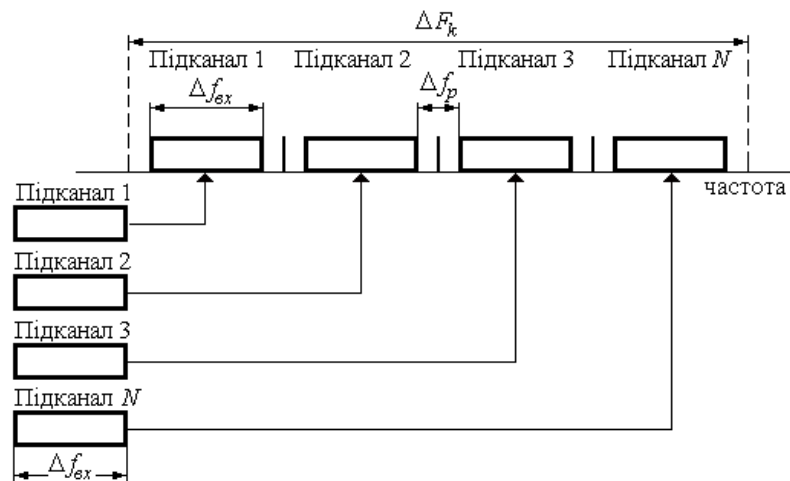


Рис. 1.5 – Приклад FDM.

Таке об'єднання спектрів підканалів в єдиний спектр загального каналу здійснюється пристроєм перетворення сигналу передавання (ППС). Структурна схема передавання повідомлень при частотному ущільненні каналів надана на рис.1.6.

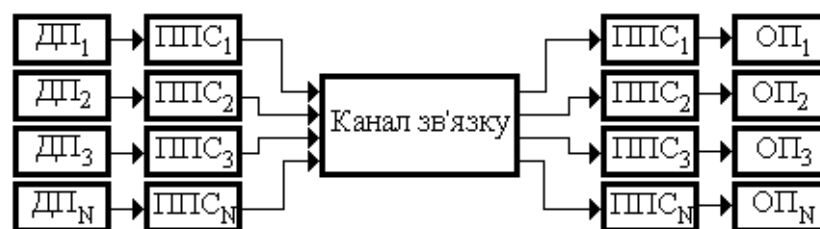


Рис. 1.6 – Структурна схема передавання повідомлень при частотному ущільненні каналів.

ДП – джерело повідомлення; ППС – пристрій перетворення сигналу; ОП – одержувач повідомлення

На приймальному боці оптична несуча поступає на фотодетектор, на виході якого виділяється електричний груповий потік. Після підсилення за допомогою широкосмугового підсилювача сигнал поступає на входи вузькосмугових фільтрів, центральна частота яких рівна піднесучим частотам.

Компонентними можуть бути як цифрові, так і аналогові сигнали. FDM застосовують у кабельних системах багатоканального телебачення.

1.2.2. Метод часового ущільнення

Метод часового ущільнення інформаційних потоків (TDM – Time Division Multiplexing) застосовується при передаванні інформації в цифровому вигляді. Суть його полягає в наступному. Процес передавання розбивається на низку часових циклів, кожен з яких у свою чергу розбивається на N субциклів, де N – кількість потоків (або каналів), що ущільнюються. Кожний субцикл поділяється на часові позиції, тобто часові інтервали, вродовж яких передається частина інформації одного з ущільнюваних потоків. Окрім цього, деяка кількість позицій відводиться для ідентифікаційних синхроімпульсів, вставок і цифрового потоку службового зв'язку.

Субцикли розділені на 264 часових відрізка (позицій) тривалістю 118.4 нс, з яких 8 позицій відводяться на ідентифікаційні синхроімпульси, вставки і цифровий потік службового зв'язку. Тривалість кожного часового відрізка τ_u дорівнює тактовому інтервалу, що визначає тактову частоту (для групового потоку 8.448 Мбіт/с)

$$f = \frac{1}{\tau_u} = \frac{1}{118.4 \cdot 10^{-9} \text{ с}} = 8.448 \text{ МГц}. \quad (1.10)$$

Метод часового ущільнення розподіляється на асинхронне або плезіохронне ПЦІ (PDH), АТМ- та синхронне СЦІ (SDH)-мультиплексування. Зрозуміло, що в PDH- та SDH-системах, застосовують методи часового

мультиплексування. Максимальна швидкість передавання групового (агрегатного) потоку в системах, які знайшли широке впровадження при побудові сучасних систем передавання складає величину близько 2,5 Гбіт/с.

1.2.2.1. Часове мультиплексування двійкових потоків

При використанні систем цифрової телефонії для передавання даних на входах мультиплексора присутні вже сформовані потоки двійкових даних, які представлені імпульсними сигналами. Тоді в цьому випадку схема часового мультиплексування практично збігається з аналогічними схемами, що застосовуються в комп'ютерних системах.

Будемо вважати, що на N входах мультиплексора маємо вхідні двійкові послідовності. Тоді комутатор мультиплексора послідовно відбирає будь-які логічно осмисленні послідовності бітів та формує з них загальну вихідну послідовність. Цей процес називають інтерлівінгом (interleaving), або чергуванням.

Розрізняють такі типи інтерлівінгу:

- біт-інтерлівінг, або чергування бітів – на вихід мультиплексора послідовно комутуються по одному біту від кожного каналу;
- байт-інтерлівінг, або чергування байтів – на вихід мультиплексора послідовно комутуються по одному байту від кожного каналу;
- символний інтерлівінг, або чергування символів – на вихід мультиплексора послідовно комутуються по одному символу від кожного каналу;
- блок-інтерлівінг, або чергування блоків – на вихід мультиплексора послідовно комутуються по одному блоку (який може мати довжину в декілька байтів або бути полем, цілократним іншому стандартному формату) від кожного каналу.

Схема часового мультиплексування чотирьох двійкових потоків даних за варіантом біт-інтерлівінгу подана на рис.1.7. Цифри 1-4 відповідають номерам бітів, а індекси $K1 - K4$ – номерам каналів.

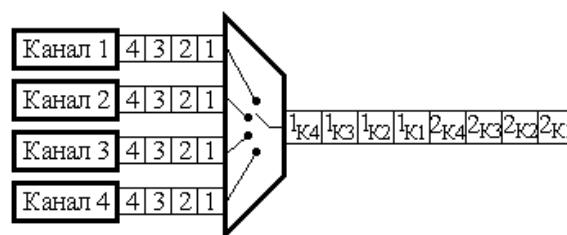


Рис.1.7 – Приклад часового мультиплексування двійкових потоків

1.2.3. Модове ущільнення

У деяких системах передавання, що базуються на використанні багатомодового оптичного волокна, знаходять застосування модове ущільнення (MDM – Mode Division Multiplexing). Суть цього методу ущільнення полягає в наступному. З геометричної оптики відомо, що кут, під яким промінь входить в плоскопаралельну пластинку виходить з неї під тим самим кутом (рис.1.8).

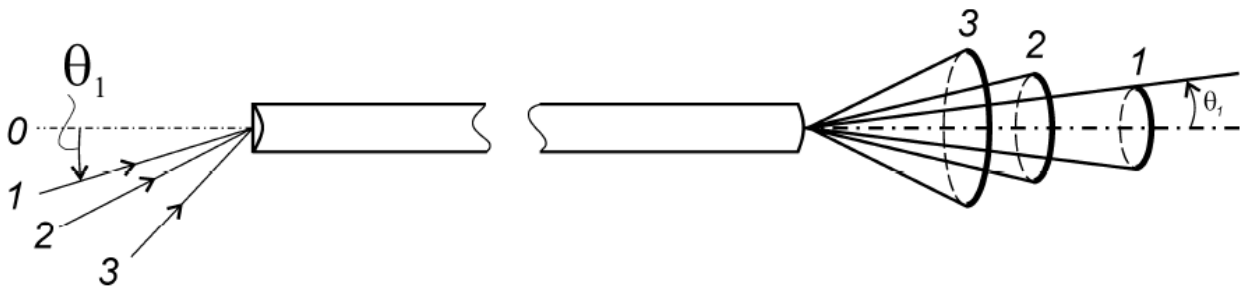


Рис. 1.8 – Приклад модового (кутового) ущільнення.

Волокно можна уявити собі як деяку плоскопаралельну пластину, тобто під яким кутом від нормалі до торця падає на вході ліній пучок, під таким самим кутом до нормалі він вийде з іншого її боку. Отже, використовуючи кутові селектори на вході і на виході багатомодового волокна, можна здійснити передаванню незалежних інформаційних потоків по каналах, роль яких відіграють моди волокна. Модове ущільнення може бути використане лише за умови незалежного розповсюдження мод, відсутності їх перемішування та взаємоперетворень. Такі умови складаються при відсутності локальних неоднорідностей у волокні та при відсутності значних його вигинів. Подібні вимоги можуть бути витримані, наприклад, у системах автоматики, де сигнали передаються на невеликі відстані (близько одиниць – десятків метрів).

1.2.4. Ущільнення за поляризацією

Ущільнення потоків інформації за допомогою оптичних несучих, які мають лінійну поляризацію, називають ущільненням за поляризацією (PDM –

Polarization Division Multiplexing). При цьому площина поляризації кожної несучої розташована під своїм кутом. Мультиплексування здійснюється за допомогою спеціальних оптичних призм, наприклад призм Рошона. На відміну від попереднього методу мультиплексування як середовище, за допомогою якого передається сигнал, може бути використане одномодове волокно. Проте, метод PDM може успішно застосовуватися лише у випадку, коли в середовищі відсутні локальні неоднорідності, вигини, які викликають локальну поляризаційну анізотропію. Отже, вказані причини, які впливають на мультиплексований сигнал, істотно обмежують такий метод ущільнення сигналу.

1.2.5. Технологія WDM

Спектральне ущільнення каналів передачі, або ущільнення за довжинами хвиль (Wavelength Division Multiplexing, WDM) — технологія, яка дає змогу одночасно передавати декілька незалежних інформаційних каналів оптичним волокном, використовуючи оптичні несучі з різними довжинами хвиль. Технологія WDM дає змогу істотно збільшити пропускну здатність оптичного волокна за рахунок використання всієї його оптичної смуги пропускання.[6]

Характерною особливістю і суттєвою перевагою WDM технології є можливість реалізації в одному оптичному волокні багатьох оптично прозорих каналів, в кожному з яких можна вести передачу сигналів з будь-яким форматом. Таким чином, одним оптичним волокном можна одночасно передавати синхронні, асинхронні і аналогові сигнали, і немає потреби в єдиній структурі сигналів, як це є, наприклад, в системах із часовим ущільненням каналів передачі.

1.3. Висновки до розділу

На передачу світлового сигналу у оптоволоконному середовищі впливають, як фізичні властивості світла та середовища передачі, так і хімічний склад та механічні особливості волоконно-оптичного кабелю. Ефективність передачі світлового сигналу в основному залежить від його довжини хвилі та кута подачі у оптоволоконний кабель. Одномодові та багатомодові кабелі мають певні відмінності, що безпосередньо впливають на особливості передачі світлового сигналу.

Для збільшення пропускної здатності оптоволоконної лінії передачі інформації використовують технології мультиплексування. Кожна з даних технологій має свої особливості. Не всі технології ущільнення є однаково ефективними. Деякі з них вимагають використання великої кількості складного обладнання, але не завжди забезпечують високу ефективність.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ МУЛЬТИПЛЕКСУВАННЯ СИГНАЛІВ

Оскільки оптичне волокно, як середовище передачі інформації, має багато переваг перед мідним кабелем (меншу масу, вищу пропускну здатність), але значно дорожче як у виробництві, так і в процесі монтажу, виникає потреба у використанні систем та методів ущільнення сигналу. Мультиплексування забезпечує, як збільшення пропускну здатності одного фізичного каналу, так і надає змогу користуватись ним більшій кількості користувачів.

2.1. SDH, ATM, Ethernet.

В технології SDH реалізовано принцип TDM (Time Division Multiplexing—часове розділення каналів), за котрим кожне вхідне повідомлення від різних користувачів має свій проміжок часу для передачі (комутація каналів). [12]

Технологія SDH (Synchronous Digital Hierarchy) базується на двох базових принципах:

1) В якості вхідних сигналів використовуються і підтримуються лише сигнали зі стандартизованою швидкістю (для PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) це 2,048 Мбіт/с ± 102.4 біт/с; 8,448 Мбіт/с ± 253.4 біт/с; 34,368 Мбіт/с ± 688 біт/с; 139,264 Мбіт/с ± 2089 біт/с, для SDH це 155,52 Мбіт/с ± 3111 біт/с; 622,08 Мбіт/с; 2488,32 Мбіт/с; 9953,28 Мбіт/с; 39813,12 Мбіт/с). Відхилення залежить від типу генераторного обладнання синхронізації.

2) Вхідні сигнали ряду PDH об'єднуються у віртуальні контейнери, що мають заголовок і мультиплексуються у STM-1 (Synchronous Transport Module) (синхронний транспортний модуль першого рівня ієрархії SDH), котрий відповідає вхідному сигналу SDH 155,52 Мбіт/с. Так само інші вхідні сигнали SDH мультиплексуються у синхронні транспортні модулі вищих рівнів 4STM-1= STM-4; 4STM-4= STM-16; 4STM-16= STM-64; 4STM-64= STM-256. Це відповідає вхідним сигналам SDH 622,08 Мбіт/с; 2488,32 Мбіт/с; 9953,28 Мбіт/с та 39813,12 Мбіт/с відповідно.

На відміну від цього в технології АТМ (Asynchronous Transfer Mode) (Асинхронний режим переносу) реалізовано принцип швидкої комутації пакетів.

Суть технології АТМ полягає в передаванні повідомлень від різних користувачів пакетами фіксованої тривалості (комірками). Комірка має тривалість 53 байта, 48 з яких складають дані повідомлення користувача та 5 байтів заголовку.

Ethernet є домінуючою технологією в локальних мережах. Ethernet є простою та недорогою технологією для передачі даних на короткі та середні (до сотень кілометрів) відстані. Інтеграція Ethernet в такі мережеві елементи як мультиплексори введення/виведення SDH та оптичні лінійні системи WDM дають значний економічний ефект. Сучасні оптичні інтерфейси Ethernet в обладнанні SDH підтримують швидкість 100 Мбіт/с; 1 Гбіт/с; 10 Гбіт/с. Для об'єднання оптичних потоків Ethernet у стандартні транспортні модулі обладнання SDH використовують combiner (комбайнери (об'єднувачі)). WDM є найкращою технологією для передачі 10 Гбіт/с потоків Ethernet. На ринку обладнання широко використовуються такі інтерфейси Ethernet як 1 Гбіт/с. Як правило використовуються такі прийомопередавачі для наступних інтерфейсів:

- 1000Base-SX: працює на довжині хвилі 850 нм по кабелях з багатомодовими оптичними волокнами, для зв'язку на невеликі відстані.
- 1000Base-LX: працює на довжині хвилі 1310 нм по кабелях з одномодовими оптичними волокнами, для зв'язку на відстані до 10 км.
- 1000Base-ZX: працює на довжині хвилі 1550 нм по кабелях з одномодовими оптичними волокнами, для зв'язку на відстані до 80 км.

2.2. Технологія DWDM та CWDM.

Технологія WDM широко розповсюджена в світі у вигляді двох основних типів систем:

- Системи з щільним спектральним розділенням каналів DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).
- Системи з нещільним (грубим) спектральним розділенням каналів.

CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) Зараз існують системи WDM як на великі відстані Long Haul (для магістральних ВОЛЗ) так і міські, внутрішньо зонові Metro WDM системи. [2][6]

Технологія CWDM знаходить більш широке застосування на міських мережах, завдяки меншим витратам на її введення, зокрема, тому що не потребує застосування оптичних підсилювачів (окрім випадків, коли потрібна 3R регенерація сигналу) та завдяки меншій ємності.

Рознесення каналів для сучасних DWDM становить 100 ГГц або $\sim 0,8$ нм. Для CWDM розділення каналів здійснюється на значно більшій частотній відстані 2500 ГГц або ~ 20 нм.

Приклад спектра групового потоку для 4-канальної CWDM системи зображено на рис. 2.1, а 32-канальної DWDM системи на рис. 2.2(на спектрах вказано також спектр каналу OSC, що знаходиться окремо від основного групового потоку).

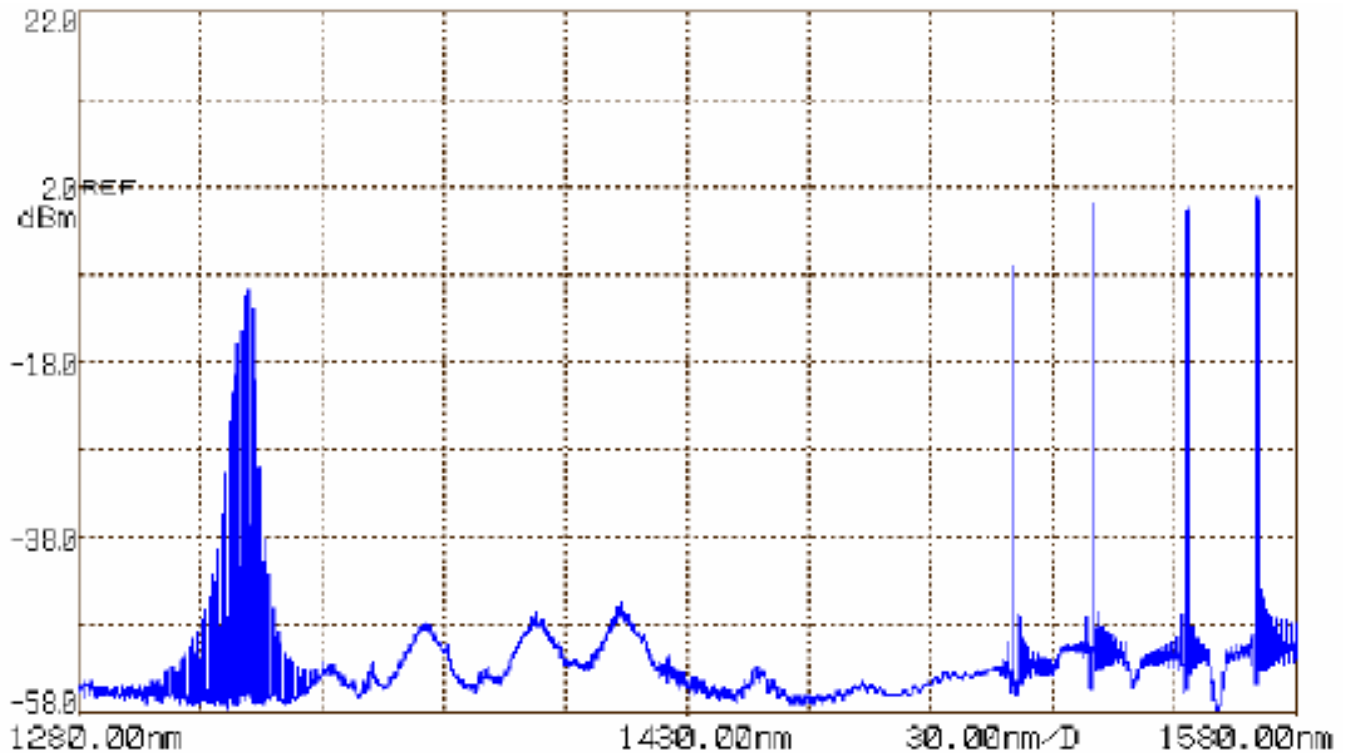


Рис.2.1 – Приклад спектра лінійного сигналу системи CWDM.

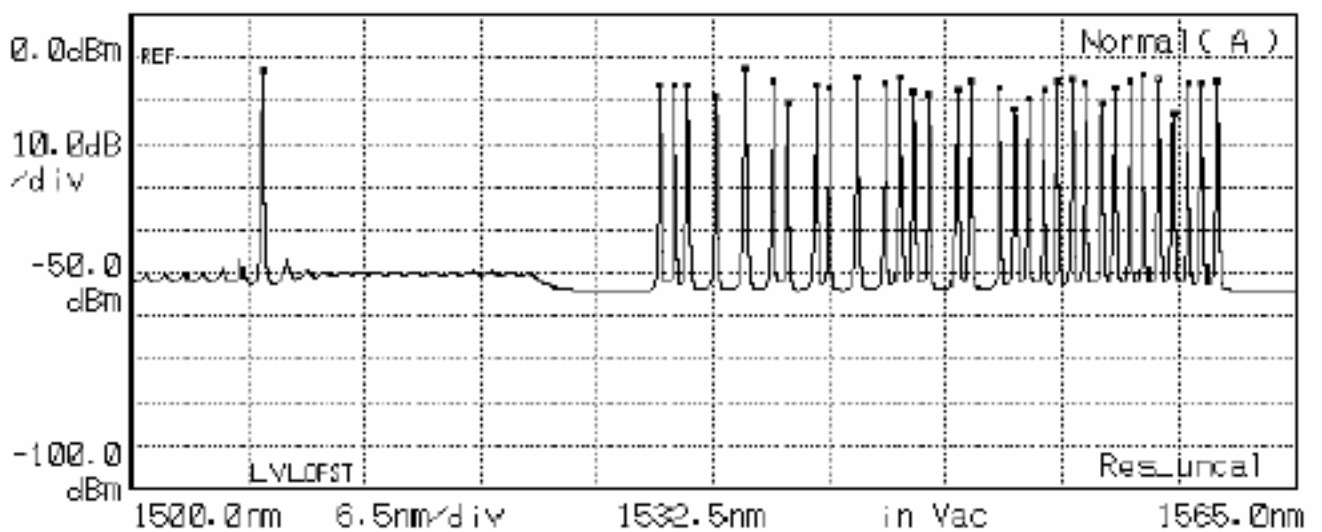


Рис.2.2 – Приклад спектра лінійного сигналу системи DWDM.

З появою оптичних підсилювачів та оптичних мультиплексорів введення/виведення OADM (Optical Add/Drop Multiplexer), котрі дають можливість маршрутизації, з'являються повністю оптичні транспортні мережі (OTM) – OTN (Optical Transport Networking).

В системах WDM застосовують цілком визначені діапазони довжин хвиль оптичного випромінювання. Номінальні центри довжин хвиль для CWDM систем представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Номінальні центри довжин хвиль для CWDM

Номінальні центральні довжини хвиль, з рознесенням 20 нм Для сітки WDM					
1271	1331	1391	1451	1511	1571
1291	1351	1411	1471	1531	1591
1311	1371	1431	1491	1551	1611

Для DWDM, з різною величиною рознесення центральних довжин хвиль за частотою, використовують формули:

Для рознесення 12,5 ГГц: $193.1 + n \times 0.0125$ (де n ціле додатне число, включно з 0)

Для рознесення 25 ГГц: $193.1 + n \times 0.025$ (де n ціле додатне число, включно з 0)

Для рознесення 50 ГГц: $193.1 + n \times 0.05$ (де n ціле додатне число, включно з 0)

Для рознесення 100 ГГц: $193.1 + n \times 0.1$ (де n ціле додатне число, включно з 0)

Власне саму DWDM технологію поділяють на DWDM та HDWDM (High Dense Wavelength Division Multiplexing – надщільне спектральне мультиплексування), за частотним рознесенням каналів це виглядає, як показано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Частотне рознесення каналів для С та L діапазонів

Номінальні центральні частоти для рознесення каналів				Номінальні центральні довжини хвиль, нм
HDWDM			DWDM	
12.5 ГГц	25 ГГц	50 ГГц	100 ГГц	
С – діапазон				
195.9375	–	–	–	1530.04
195.9250	195.925	–	–	1530.14
195.9125	–	–	–	1530.24
195.9000	195.900	195.90	195.9	1530.33
195.8875	–	–	–	1530.43
195.8750	195.875	–	–	1530.53
195.8625	–	–	–	1530.63
195.8500	195.850	195.85	–	1530.72
195.8375	–	–	–	1530.82
195.8250	195.825	–	–	1530.92
195.8125	–	–	–	1531.02
195.8000	195.800	195.80	195.8	1531.12
195.7875	–	–	–	1531.21
195.7750	195.775	–	–	1531.31
195.7625	–	–	–	1531.41
195.7500	195.750	195.75	–	1531.51
195.7375	–	–	–	1531.60
195.7250	195.725	–	–	1531.70
195.7125	–	–	–	1531.80
195.7000	195.700	195.70	195.7	1531.90
195.6875	–	–	–	1532.00
195.6750	195.675	–	–	1532.09
195.6625	–	–	–	1532.19
•	•	•	•	•
193.2375	–	–	–	1551.42
193.2250	193.225	–	–	1551.52

Продовження таблиці 2.2

Номинальні центральні частоти для рознесення каналів				Номинальні центральні довжини хвиль, нм
HDWDM			DWDM	
12.5 ГГц	25 ГГц	50 ГГц	100 ГГц	
C – діапазон				
193.2125	–	–	–	1551.62
193.2000	193.200	193.20	193.2	1551.72
193.1875	–	–	–	1551.82
193.1750	193.175	–	–	1551.92
193.1625	–	–	–	1552.02
193.1500	193.150	193.15	–	1552.12
193.1375	–	–	–	1552.22
193.1250	193.125	–	–	1552.32
193.1125	–	–	–	1552.42
193.1000	193.100	193.10	193.1	1552.52
193.0875	–	–	–	1552.62
193.0750	193.075	–	–	1552.73
193.0625	–	–	–	1552.83
193.0500	193.050	193.05	–	1552.93
193.0375	–	–	–	1553.03
193.0250	193.025	–	–	1553.13
193.0125	–	–	–	1553.23
193.0000	193.000	193.00	193.0	1553.33
192.9875	–	–	–	1553.43
192.9750	192.975	–	–	1553.53
192.9625	–	–	–	1553.63
L - діапазон				
184.7750	184.775	–	–	1622.47
184.7625	–	–	–	1622.58
184.7500	184.750	184.75	–	1622.69
184.7375	–	–	–	1622.80
184.7250	184.725	–	–	1622.91

Продовження таблиці 2.2

Номинальні центральні частоти для рознесення каналів				Номинальні центральні довжини хвиль, нм
HDWDM			DWDM	
12.5 ГГц	25 ГГц	50 ГГц	100 ГГц	
L – діапазон				
184.7125	–	–	–	1623.02
184.7000	184.700	184.70	184.7	1623.13
184.6875	–	–	–	1623.24
184.6750	184.675	–	–	1623.35
184.6625	–	–	–	1623.46
184.6500	184.650	184.65	–	1623.57
184.6375	–	–	–	1623.68
184.6250	184.625	–	–	1623.79
184.6125	–	–	–	1623.90
184.6000	184.600	184.60	184.6	1624.01
184.5875	–	–	–	1624.12
184.5750	184.575	–	–	1624.23
184.5625	–	–	–	1624.34
184.5500	184.550	184.55	–	1624.45
184.5375	–	–	–	1624.56
184.5250	184.525	–	–	1624.67
184.5125	–	–	–	1624.78
184.5000	184.500	184.50	184.5	1624.89

В таблиці 2.3 вказані границі оптичних діапазонів для одномодового волокна, котре використовується для функціонування WDM.[2][4][6]

Таблиця 2.3

Границі оптичних діапазонів

Смуга	Назва	Діапазон (нм)
<i>O</i>	Original	1260 ÷ 1360
<i>E</i>	Extended	1360 ÷ 1460
<i>S</i>	Shortwavelength	1460 ÷ 1530
<i>C</i>	Conventional	1530 ÷ 1565
<i>L</i>	Longwavelength	1565 ÷ 1625
<i>U</i>	Ultralongwavelength	1625 ÷ 1675

Це також показано на рис.2.3, де зображена спектральна залежність погонних втрат потужності оптичного сигналу в одномодовому волокні.

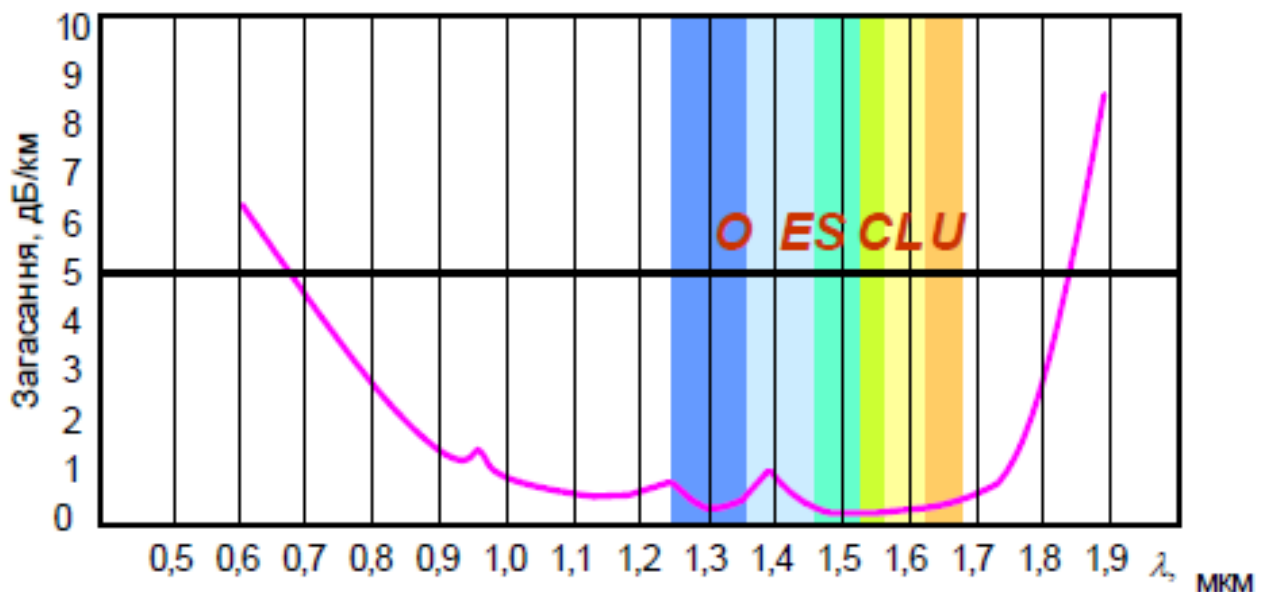


Рис.2.3 – Границі оптичних діапазонів.

Багато сучасних DWDM систем використовують С-діапазон, котрий відповідає максимальному підсиленню волоконних оптичних підсилювачів, легованих іонами ербію.

В С-діапазоні можна використовувати до 80 оптичних каналів. Для того щоб уникнути втрат, внаслідок нелінійної взаємодії оптичних каналів, а також дотриматись санітарних норм (при підвищенні потужності лазерного випромінення будуть потрібні спеціальні захисні пристрої для забезпечення лазерної безпеки), сумарна потужність у оптичному волокні не повинна

перевищувати 100 мВт (20 дБм). Це обмежує потужність на один оптичний канал. Так, для 80 каналної системи рівень потужності на канал складає 1 дБм; для 40 каналної 4 дБм; для 32 каналної 5 дБм.

Таким чином, на кожній підсилювальній ділянці 32 канална система має запас 1 дБ порівняно з 40 каналною системою та 4 дБ порівняно з 80 каналною, а значить, і довжина підсилювальної ділянки для 32 каналної системи буде більшою.

2.2.2. Відмінності WDM та TDM

Сучасна мережа SDH, побудована на базі TDM, дійшовши до швидкості передавання 10 Гбіт/с, зіштовхнулась з проблемами хроматичної та поляризаційної дисперсії моди, котрі на швидкості, вищій від 10 Гбіт/с, починають суттєво впливати на якість передачі. Таким чином, розширення пропускної здатності за допомогою TDM виявляється досить проблематичним.[2]

У технології WDM немає багатьох обмежень і ускладнень, властивих технології TDM. Для підвищення пропускної здатності ліній зв'язку замість збільшення швидкості передачі у оптичному каналі, як це робиться в системах TDM, в системах WDM йдуть шляхом збільшення числа каналів (котрі передаються на різних довжинах хвиль), що застосовуються у системах передачі.

Для систем WDM є неважливим формат даних, що передається у груповому сигналі. На відміну від SDH сигнал, що транспортується в груповому потоці WDM систем, не піддається пакуванню в контейнери, тому в груповому потоці WDM можна безпосередньо передавати різномірний за форматом трафік. Спрощено це зображено на рис. 2.4.

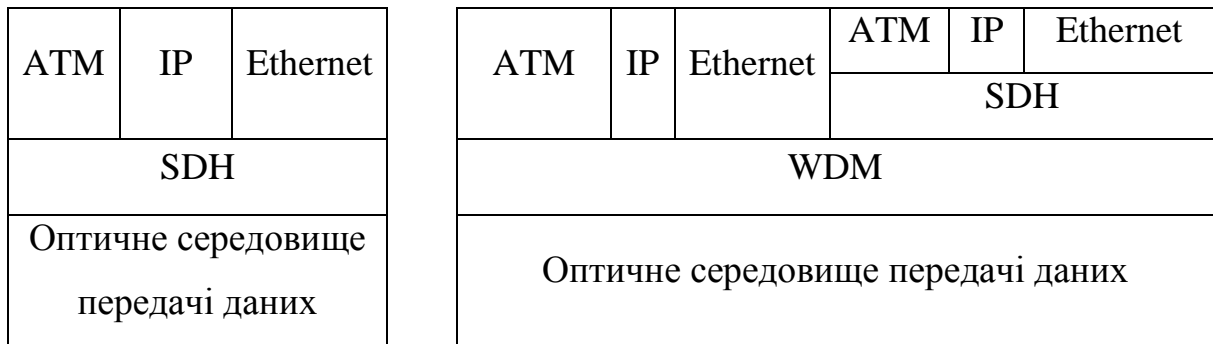


Рис 2.4 – Формат даних в SDH та WDM.

Відмінність WDM від TDM, котрі реалізуються в сучасних SDH системах, можна також проілюструвати на рис. 2.5.

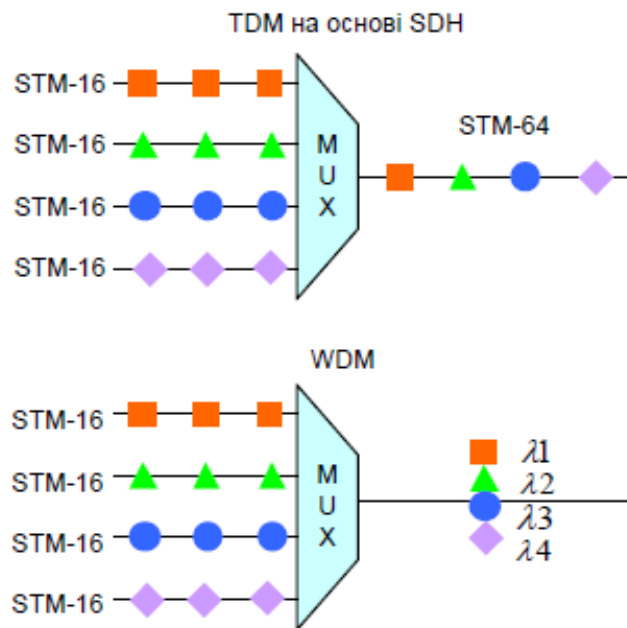


Рис.2.5 – Передача даних в SDH та WDM.

Тобто, TDM стає додатком до WDM. Технологія WDM дозволяє суттєво збільшити пропускну здатність лінії зв'язку, дає можливість організувати двосторонню передачу даних по одному волокну, причому нарощування пропускну здатності може відбуватись на вже існуючому волоконно-оптичному кабелі. У системі WDM сигнали різних довжин хвиль, що генеруються одним або декількома оптичними передавачами, поєднуються мультиплексором у багаточастотний груповий оптичний сигнал, що

поширюється далі по одномодовому ОВ. За великої довжини волоконно-оптичної лінії зв'язку в ній встановлюється один або кілька оптичних підсилювачів (ОП).

Демультимплексор виділяє з групового оптичного сигналу початкові частотні канали і направляє їх на відповідні фотоприймачі. На проміжних вузлах у лінії або мережі зв'язку деякі оптичні канали можуть бути додані або виділені з групового оптичного сигналу за допомогою оптичних мультимплексорів введення/виведення (OADM).

2.3. PON – пасивні мережі доступу

Мережа доступу побудована на оптичних пасивних компонентах є більш економічно вигідна та дешевша у впровадженні і експлуатації порівняно з оптичною мережею з використанням активного обладнання, тому при побудові оптичних мереж доступу широко впроваджуються різні варіанти технології PON (Passive Optical Network).[3]

Для побудови PON використовують наступні оптичні пасивні елементи:

- Одномодові оптичні волокна та кабелі
- Стрічки з оптичними волокнами та кабелі стрічкової конструкції
- Оптичні розніми
- Пасивні розгалужувальні компоненти
- Пасивні оптичні атенюатори
- Зрошення

Активні компоненти PON (підсилювачі, передавачі, приймачі, медіаконвертори та інші) розташовуються лише в вузлі надання послуг зв'язку та абонентському вузлі.

Ефективність PON базується на принципі розподілення потужності оптичного сигналу, котрий ділиться для надання послуг зв'язку багатьом користувачам. Тому потужність вихідного оптичного сигналу є ключовим параметром при побудові PON. Потужність повинна бути достатньою для

безпомилкового прийому сигналу всіма користувачами, що під'єднані до мережі.

Оскільки збільшення величини оптичної потужності, що вводиться в оптичне волокно може призвести до виникнення нелінійних явищ у волокні та погіршення роботи мережі, задля забезпечення енергетичного балансу мережі потрібно намагатись зменшувати втрати потужності в елементах з котрих побудована PON, при цьому особливу увагу звертати на втрати на з'єднаннях компонентів мережі з волокном та при з'єднанні самих волокон.

Організація двостороннього зв'язку в PON мережах здійснюється наступним чином:

Існує два варіанти організації двостороннього зв'язку в мережах PON. При першому варіанті використовуються два оптичних волокна, одне волокно для передавання сигналу від вузла мереж до користувача та друге волокно для передавання сигналу від користувача до вузла мережі. Це спосіб збільшує витрати на розбудову мережі і не використовує всі можливості оптичного волокна як середовища розповсюдження сигналу.

При другому варіанті використовується технологія WDM. При такому варіанті для двостороннього зв'язку достатньо мати одне волокно між вузлом мережі та користувачем. Технологія WDM може бути використана наступним чином:

1. Коли низхідний потік від вузла мережі до користувача сформовано за допомогою частотного (хвильового) об'єднання/розділення каналів (WDM), а висхідний потік використовує технологію TDM. Варіант такої організації зв'язку показано на рис. 2.6.

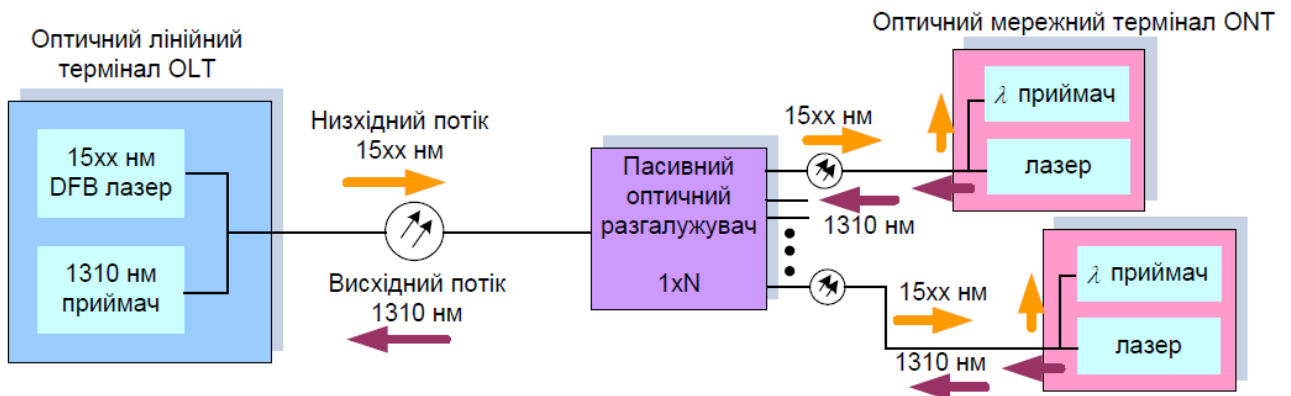


Рис. 2.6 – Модель PON з застосуванням WDM та TDM.

2. Коли обидва (висхідний та низхідний) потоки формуються за технологією WDM. Варіант такої організації зв'язку (з розгалужувачем-дуплексором) показано на рис. 2.7

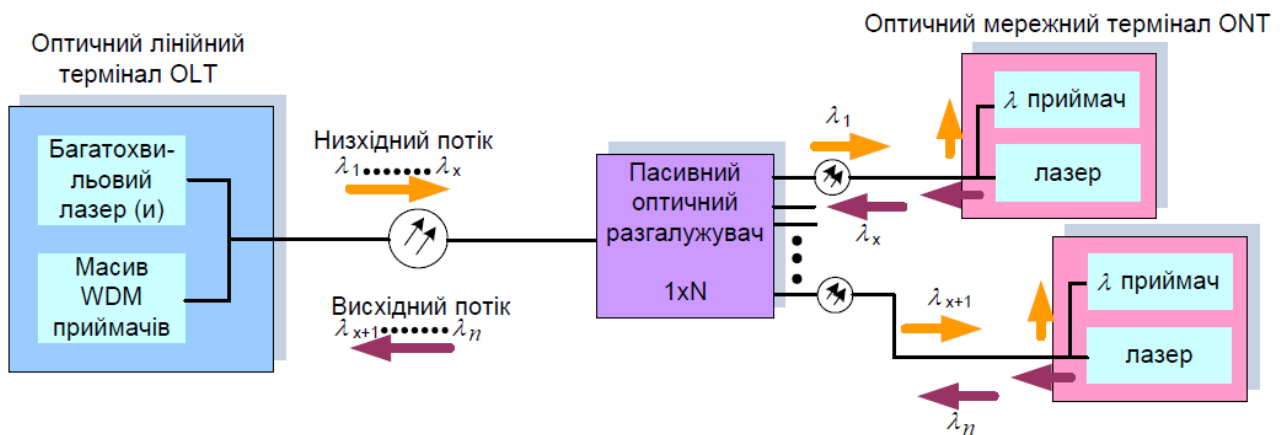


Рис. 2.7 – Модель PON з застосуванням WDM.

Для побудови PON мереж використовуються топології точка-точка, точка-мультиточка або кільцева топологія.

При топології точка-мультиточка можливі три варіанти розміщення пасивного розгалужувача: в приміщенні оптичного лінійного терміналу (в місці де розташовано центр надання послуг), в приміщенні де розташовано оптичний мережний термінал (в приміщенні користувача), вуличне розташування (при цьому потрібно дотримуватись вимог щодо кліматики та захисту обладнання від різних зовнішніх впливів).

На сьогодні регламентовано чотири варіанти технології оптичних пасивних мереж PON. (APON, BPON, EPON, GPON).

2.3.1 APON

APON (ATM PON) — це перший стандарт PON. Як транспортний протокол використовувалась технологія ATM. Висхідний потік (від користувача до вузла мережі) передавався на довжині хвилі 1310 нм, швидкість передавання інформаційного потоку 155 Мбіт/с. Низхідний потік (від вузла мереж до користувача) передавався на довжині хвилі 1550 нм зі швидкістю передавання 155 Мбіт/с.

2.3.2 BPON

Як транспортний протокол використовується технологія ATM. Фактично BPON є подальшим розвитком APON.

Швидкість передавання низхідний потік / висхідний потік становить:

155.52 Мбіт/с / 155.52 Мбіт/с

622.08 Мбіт/с / 155.52 Мбіт/с

622.08 Мбіт/с / 622.08 Мбіт/с

1244.16 Мбіт/с / 155.52 Мбіт/с

1244.16 Мбіт/с / 622.08 Мбіт/с

Передавання потоків здійснюється по одному волокну за допомогою WDM на довжинах хвиль 1550 нм (1490 нм) для передавання низхідного потоку та 1310 нм для передавання висхідного потоку, або з використанням двох оптичних волокон по одному з яких передається низхідний, а по іншому висхідний потоки.

2.3.3 GPON

В технології GPON, як транспортний протокол використовується технологія SDH з протоколом формування пакетів GFP (generic framing protocol).

Розробка GPON ставила наступні завдання:

- Забезпечити роботу PON на гігабітних швидкостях передавання.
- Визначити специфікації фізичного рівня для більш високої пропускної спроможності PON.
- Розробити ефективний спектральний протокол.

GPON є маштабованою структурою кадрів зі швидкостями передавання від 622 Мбіт/с до 2,5 Гбіт/с. Структура потоку в GPON базується на універсальному протоколу кадрів, забезпечуючи вставку в синхронний транспортний протокол будь-який тип сервісу, в тому числі і TDM. Якщо у SDH розподілення робочої смуги відбувається статично, то GFP, зберігаючи структуру кадру SDH, динамічно розподіляє робочу смугу.

В мережах GPON для передавання даних потрібно два рівня формування пакетів (інкапсуляції) (формування пакетів відбувається на другому рівні (канальному рівні) моделі OSI):

- Інформаційні потоки TDM та кадри Ethernet упаковуються в пакети GEM (GPON Encapsulation Method) зі змінною довжиною (відбувається фрагментація кадрів для підвищення ефективності використання смуги передавання) подібно до формату GFP (Generic Frame Procedure).

- Комірки ATM та пакети GEM формують пакети GTC (GPON Transmission Convergence), котрі передаються в мережі GPON.

Контроль та керування в системі GTC складається з трьох частин OAM (Operations, Administration and Maintenance), PLOAM (Physical Layer OAM) та OMCI (ONU Management and Control Interface). Повідомлення OAM надають смугу та здійснюють динамічне керування шириною смуги DBA (Dynamic Bandwidth Assignment). Вони знаходяться в заголовку пакету GTC і передаються як у висхідному так і у низхідному потоках.

Швидкість передавання низхідний потік / висхідний потік (для випадку коли концепції FTTH або FTTC функціонують спільно з технологією ADSL, можуть бути використані швидкості менші ніж 1,2 Гбіт/с) становить:

1244,16 Мбіт/с / 155,52 Мбіт/с

1244,16 Мбіт/с / 622,08 Мбіт/с

1244,16 Мбіт/с / 1244,16 Мбіт/с

2488,32 Мбіт/с / 155,52 Мбіт/с

2488,32 Мбіт/с / 622,08 Мбіт/с

2488,32 Мбіт/с / 1244,16 Мбіт/с

2488,32 Мбіт/с / 2488,32 Мбіт/с

Робочий діапазон довжин хвиль для низхідного потоку для систем, що працюють по одному оптичному волокну повинен бути 1480÷1500 нм.

Робочий діапазон довжин хвиль для низхідного потоку для систем, що працюють по двох оптичних волокнах повинен бути 1260÷1360 нм.

Робочий діапазон довжин хвиль для висхідного потоку повинен бути 1260÷1360 нм.

2.3.4 EPON

EPON (Ethernet PON) — визначається стандартом IEEE 802.3ah для систем зі швидкістю передавання інформації до 1 Гбіт/с, а також для систем зі швидкістю передавання інформації 100 Мбіт/с організованих за принципом точка-точка.

В якості транспортного протоколу використовується технологія Ethernet. Низхідний потік передається зі швидкістю 1 Гбіт/с на довжині хвилі 1550 або 1490 нм, висхідний потік передається зі швидкістю 1 Гбіт/с на довжині хвилі 1310 нм (допускається передавання низхідного та висхідного потоків на довжині хвилі 1310 нм)

Технологію EPON також називають GEPON (оскільки швидкість передавання інформації становить 1 Гбіт/с)

Для уникнення колізій в стандарті IEEE 802.3ah використовується протокол керування з множинним доступом MPCP (multi-point control protocol), котрий використовує два типи команд: кадри GATE та REPORT, цей протокол забезпечує встановлення єдиного часу на годинниках OLT та всіх ONT (передаючи часові мітки в команда GATE, що визначає час в котрий даний вузол ONT повинен почати передавання та тривалість передавання інформації..

Команди GATE посилаються в низхідному потоці до всіх ONT (котрі за цією командою визначають час початку та тривалості передавання), у відповідь користувачі посилають команду повідомлення REPORT.

Часові мітки в команді GATE дають можливість звіряти ONT свій годинник з часовою міткою команди, що дає змогу визначити вірність синхронізації ONT та OLT. Якщо розходження перевищує встановлену межу, то ONT перейде в режим ініціалізації.

Оскільки технологія EPON на відміну від технології APON, BPON, GPON не містить можливості фрагментації кадрів, то якщо наступний, в буфері, кадр не вміщується у відведений проміжок часу для передавання, то кадр буде очікувати наступного часового інтервалу для відправлення.

Для пошуку та ліквідації помилок використовується службове повідомлення OAM (Operation, Administration & Maintenance).

Всі ці команди передаються в загальному інформаційному потоці разом з інформаційними повідомленнями.

Тривалість передавання кадру GATE (з преамбулою), 72 байта, становить 6 мкс. Максимальна тривалість передавання кадру Ethernet (з преамбулою), 1526 байтів, становить 12 мкс. Тривалість RTT (на 20 км) становить 200 мкс.

Формат кадру Ethernet в технології EPON такий самий як в технології Ethernet стандарту IEEE 802.3, але поле “преамбула” містить кілька нових службових частин:

- SOP (start of packet) – 1 байт, вказує на початок кадру
- Резервна частина – 4 байта
- LLID (Logical link identifier) – 2 байта, вказує індивідуальний ідентифікатор вузла EPON. Перший біт вказує на режим мовлення кадру “точка-точка” або “точка-мультиточка”. Інші 15 біт містять адресу вузла EPON.
- CRC (circle redundancy check) – 1 байт, контрольна сума за преамбулою.

2.3.5. Організація передачі даних в пасивних оптичних мережах на прикладі GEPON

На стороні провайдера встановлюється **OLT** (Optical Linear Terminal – Оптичний Лінійний Термінал) – L2 свіч, що має Uplink порти (для підключення до L3 роутера) і Downlink порти (для клієнтських потреб). Керування OLT проводиться як через термінальний порт, так і за допомогою протоколів типу SNMP, SSH і TELNET.[8]

На стороні клієнта встановлюється **ONU** (Optical Network Unit – Оптична Мережева Одиниця), яку також іноді іменують **ONT** (Optical Network Terminal – Оптичний Мережевий Термінал) – повноцінний VLAN свіч невеликого розміру. ONU стандартно має один оптичний гігабітний порт і 4 мідних (100Mbps або 1Gbps). Є моделі ONU з комбінованим оптичним портом для телебачення й даних, з портами для телефонії (SIP), з різною кількістю мідних портів, з Wi-Fi адаптером, а також комбінації всіх перерахованих вище. Кожна ONU має вбудований фільтр Мас-адрес; при одержанні пакета ONU перевіряє приналежність пакета і, якщо пакет належить не їй, відкидає його. Керування ONU відбувається безпосередньо з OLT, при цьому OLT вважає ONU «підпортом» свого порту, що має свої порти, тобто дотримується наступна ієрархія: Порт OLT -> № ONU -> порт ONU.

Між клієнтом і провайдером розташовується пасивна оптична мережа, яка має топологію дерева і її похідні. Основними компонентами пасивної оптичної мережі є оптичне волокно і **сплітери** (Splitter – роздільник), що працюють у режимі «розгалужувач» у напрямку провайдер-клієнт і в режимі «змішувач» у зворотному напрямку. Модель GEPON зображена на рис. 2.8.

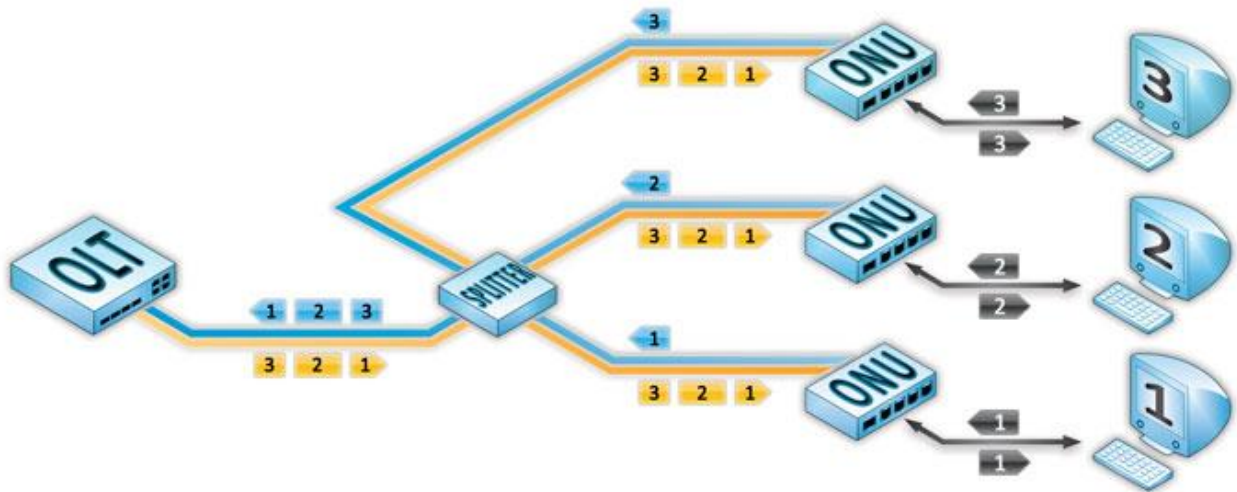


Рис. 2.8 – Модель GPON.

Пасивна оптична мережа включає в себе велику кількість абонентів, тому з боку OLT діє TDM, а з боку ONU – TDMA (Time Division Multiple Access – Множинний Доступ з Поділом За Часом). При цьому низхідний потік (від OLT до ONU) передається на довжині хвилі 1490нм, а висхідний (потік від ONU до OLT) – на довжині хвилі 1310нм. Зроблене це для того, щоб залишити місце для CATV (аналогове телебачення), яке також можна пустити по дереву PON до абонента. Передавачі CATV здійснюється на довжині хвилі 1550нм або 1310нм.

Варто відзначити, що стандарт GPON відрізняється від Ethernet структурою кадру.

Слід окремо розглянути технологію обміну даними між ONU і OLT:

- будь-яка ONU віщає тільки в момент часу, відведений для неї OLT;
- для будь-яка ONU у мережі OLT визначає часовий проміжок, протягом якого ONU може віщати;
- заново підключена ONU взаємодіє з OLT по протоколу MPCP (Multi-Point Control Protocol – Протокол Керування Багатопотоковим Обміном);
- будь-яка ONU не може зв'язуватися з іншими ONU без участі у зв'язку OLT. Усі пакети для будь-якого адресата централізовано обробляє одне обладнання в мережі – OLT.

Для підтримки присвоєння тимчасових доменів за допомогою OLT, групою IEEE 802.3ah був розроблений протокол **МРСР**. Цей протокол базується на двох повідомленнях Ethernet: **GATE** і **REPORT**. Повідомлення GATE надсилається від OLT до ONU і використовується для присвоєння тимчасового домена. Повідомлення REPORT використовується ONU для інформування OLT про свій стан (заповнювання буфера і т.д.), щоб допомогти йому прийняти правильне рішення про виділення тимчасового домена. Як GATE, так і Report-Повідомлення є кадрами керування MAC (тип 88-08).

Стандартні Ethernet кадри в PON модифікуються під специфіку роботи в TDM середовищі, однак, OLT модифікує вихідні пакети так, що на **виході** з PON виходить стандартний Ethernet потік. У зворотному напрямку ситуація аналогічна. Структура стандартного Ethernet кадру (IEEE 802.3), PON кадру (IEEE P802.3ah) і керуючого кадру IEEE P802.3ah представлена на рис. 2.9.

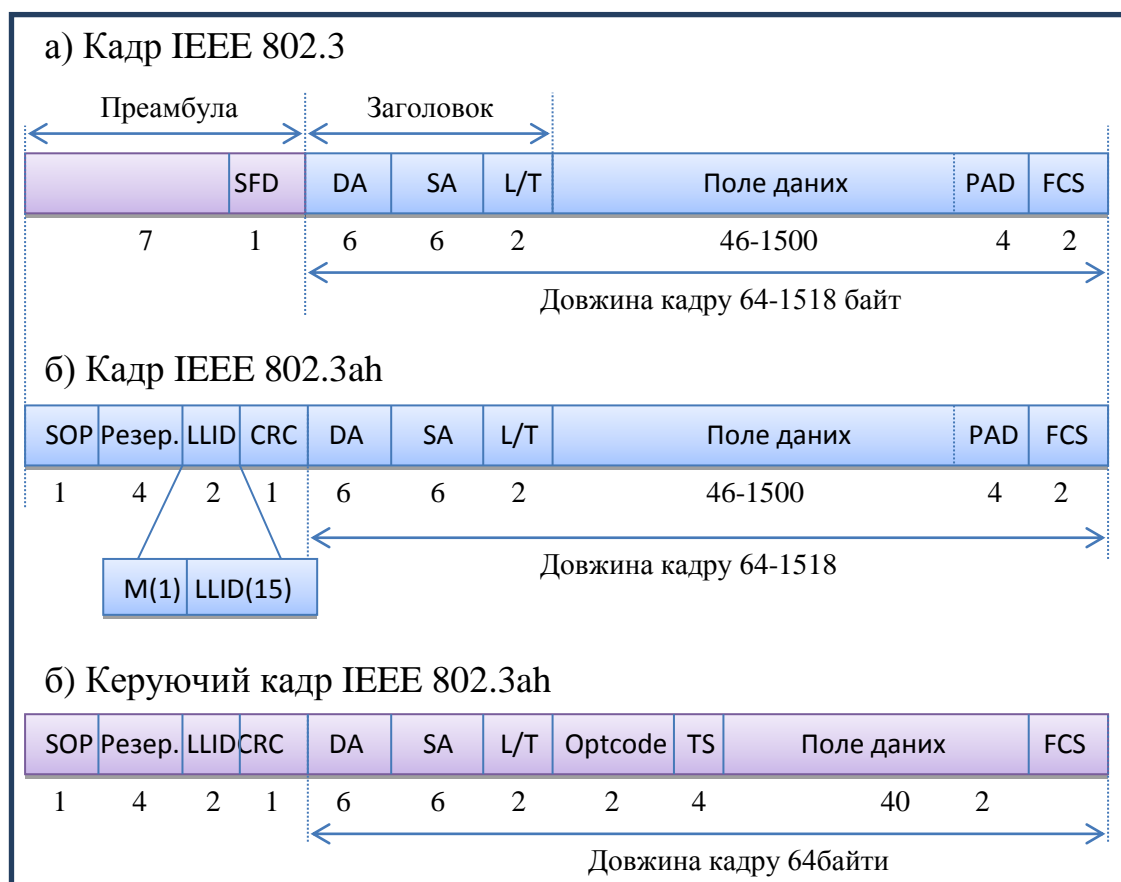


Рис. 2.9 – Кадри PON та Ethernet.

Преамбула стандартного кадру Ethernet (Кадр IEEE 802.3), модифікується додаванням декількох службових полів (Кадр IEEE 802.3ah):

- SOP (Start Of Packet) – 1 байт, вказує на початок кадру;
- Резервне поле, 4 байта;
- LLID (Logical Link Identifier) – 2 байта, вказує індивідуальний ідентифікатор вузла EPON. LLID потрібно для емуляції з'єднань в мережі EPON. Перший біт поля вказує режим передачі кадру (unicast або multicast). Інші 15 біт містять індивідуальна адреса вузла EPON;
- CRC (Circle Redundancy Check) – 1 байт, контрольна сума по преамбулі (стандарт P802.3ah).

При виході кадру з мережі GEPON преамбула кадру перетвориться до стандартного вигляду – тег ліквідується. Наприклад, у прямому потоці OLT модифікує преамбулу кожного вхідного в PON кадру 802.3, зокрема, у преамбулу додається спеціальний тег LLID. Цей тег виділяється відповідним підрівнем на ONU, де відбувається відновлення преамбули. Вузол ONU у нормальному режимі роботи, тобто коли вже зареєстрований, обробляє тільки ті кадри, у преамбулі яких ідентифікатор LLID збігається із власним LLID. Інші поля кадру EPON збігаються з полями стандартного кадру Ethernet:

- DA (Destination Address) – 6 байт, вказує Mac-Адреса станції призначення. Це може бути єдина фізична адреса (unicast), групова адреса (multicast) або ширококомовна адреса (broadcast);
- SA (Source Address) – 6 байт, вказує Mac-Адреса станції відправника;
- L/T (Length/Type) – 2 байта, містить інформацію про довжину або тип кадру;
- Поле даних, змінної довжини;
- PAD (наповнювач) – поле використовується для доповнення кадру до мінімального розміру;
- FCS (Frame Check Sequence) – 4 байта, контрольна сума кадру, обчислена з використанням циклічного надлишкового коду;

- Opcode (Optional Code) – 2 байта, уточнює тип керуючого кадру. Існують дві категорії керуючих кадрів, що відрізняються значенням цього поля: повідомлення GATE, яке генерує OLT, і повідомлення REPORT, яке генерує ONU;

- TS (Time Stamp) – 4 байта, містить часову мітку відправника;
- message – 40 байтів, саме в цьому полі втримується службова інформація, необхідна для роботи протоколу MPCP.

OLT і ONU забезпечують інкапсуляцію даних у модифіковані Ethernet кадри стандарту IEEE P802.3ah, при цьому використовується каналне кодування 8B/10B (8 біт користувача перетворюються в 10 каналних).

Остаточний алгоритм роботи мережі PON після налаштування виглядає таким чином:

- ONU «слухає лінію»;
- OLT одержує пакет стандарту IEEE 802.3 від вищого обладнання й модифікує його під стандарт IEEE P802.3ah;
- OLT відсилає пакет конкретному адресатові (ONU);
- Усі ONU одержують пакет, але тільки адресат залишає його собі – інші пакет відкидають;
- ONU модифікує пакет стандарту IEEE P802.3ah під стандарт IEEE 802.3 і віддає його клієнтському ПК;
- ONU із клієнтського ПК, модифікує їх зі стандарту IEEE 802.3 під стандарт IEEE P802.3ah і буферизує;
- OLT дозволяє передачу даних конкретної ONU;
- ONU віщає певну кількість часу, а потім замовляє й знову «слухає» лінію;
- OLT одержує від ONU пакет стандарту IEEE P802.3ah, модифікує його під стандарт IEEE 802.3, після чого передає його вищому обладнанню.

Алгоритм роботи мережі PON по перетворенню пакетів з одного стандарту в інший представлений на рис. 2.10.



Рис. 2.10 – Перетворення пакетів в PON.

2.4. Основні методи цифрового кодування

NRZ – Non Return to Zero (без повернення до нуля).

Біти «0» передаються нульовою напругою (0 V). Біти «1» передаються напругою +V.

Цей метод кодування є найбільш простим і є базовим для побудови більш досконалих алгоритмів кодування.

Кодуванню за методом NRZ притаманний цілий ряд недоліків (високий рівень постійної напруги, широкий спектр сигналу та інші.)

Загальний вид двійкового ряду, представленого в коді NRZ, показано на рис. 2.11.

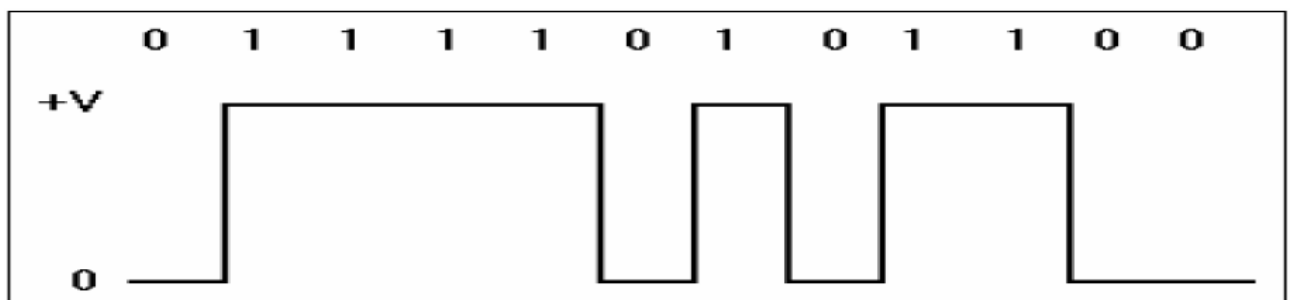


Рис. 2.11 – Метод цифрового кодування NRZ.

RZ – Return to Zero (повернення до нуля).

Біти «0» передаються нульовою напругою (0 V). Біти «1» передаються напругою +V в першій частині та нульовою напругою у другій частині часового інтервалу.

Порівняно з попереднім методом цей метод має переваги:

- середня напруга в лінії є вдвічі меншою
- за умови передачі безперервної послідовності «1» сигнал в лінії не залишається постійним.

Однак ширина спектра сигналу є більшою ніж у NRZ

Загальний вид двійкового ряду, представленого в коді RZ, показано на рис. 2.12.

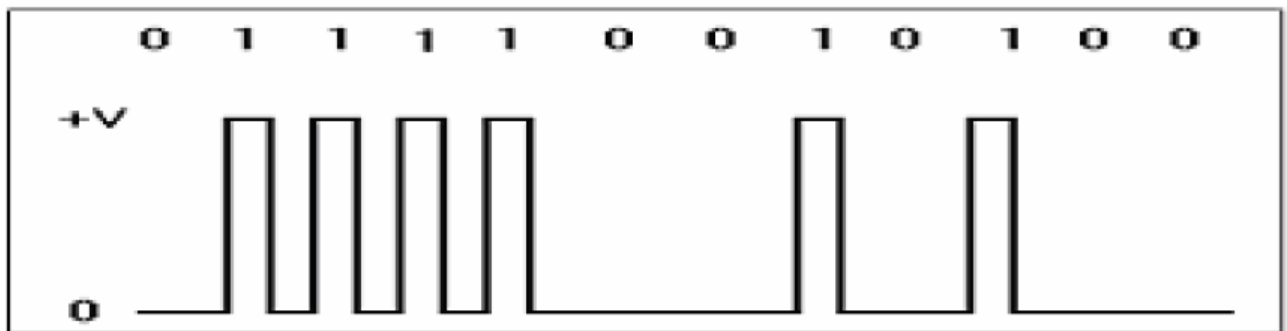


Рис. 2.12 – Метод цифрового кодування RZ.

NRZ I – Non Return to Zero Invertive (інверсне кодування без повернення до нуля).

Біти «0» передаються нульовою напругою (0 В). Біти «1» передаються нульовою напругою (0 В) або напругою +V в залежності від того, яка напруга була в попереднього біта. Якщо напруга попереднього біта була (0 В), то одиниця буде представлена напругою +V, якщо напруга попереднього біта була +V, то одиниця буде представлена напругою (0 В).

Перевага цього коду полягатиме в тому, що ширина спектру сигналу буде як у NRZ, а за умови передачі безперервної послідовності «1» сигнал в лінії не залишається постійним.

Загальний вид двійкового ряду, представленого в коді NRZ I, показано на рис. 2.13.

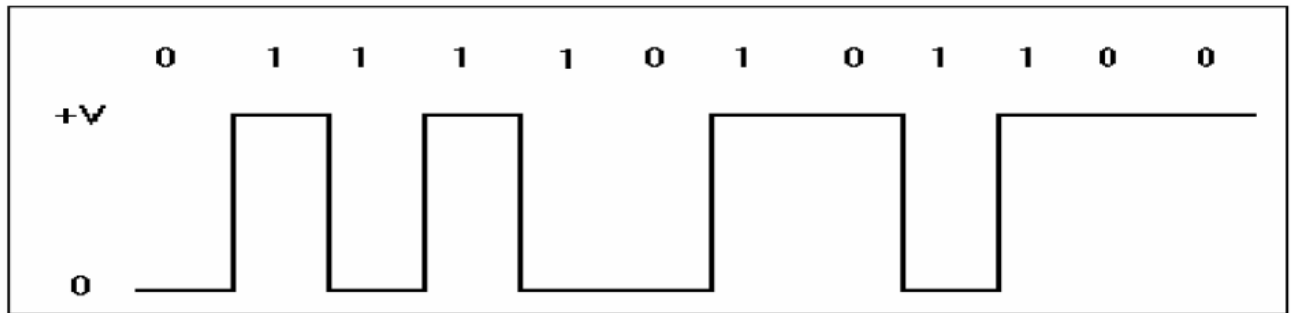


Рис. 2.13 – Метод цифрового кодування NRZI.

2.5. Висновки до розділу

Основними системами мультиплексування сигналу в оптоволоконному кабелі є WDM та PON.

WDM системи реалізують розширення пропускної здатності каналу методом розділення сигналу за довжиною хвилі. Для цього використовують передавачі, що передають світловий сигнал різної довжини хвилі. В залежності від необхідної кількості каналів застосовуються CWDM або DWDM системи. Але обмеження загальної потужності сигналу, що передається в оптоволоконному кабелі створює певні обмеження: чим більша кількість каналів передачі інформації, тим менша максимальна відстань передачі сигналу; це зобов'язує використовувати оптичні підсилювачі сигналу.

В пасивних оптичних мережах застосовуються пасивні оптичні компоненти, що значно спрощує їх встановлення та знижує вартість. Мультиплексування сигналу реалізовується технологіями WDM, TDM та переформатуванням кадрів. Низхідний та висхідний потік передаються одночасно на різних частотах. При передачі інформації від ONU до OLT реалізовується ATDM – кожна станція передає інформацію в свій період часу. При отриманні інформації, OLT передає пакети одночасно всім ONU, але приймають їх лише ті, котрим вони належать.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИСТЕМИ МУЛЬТИПЛЕКСУВАННЯ

3.1. Порівняння сучасних систем мультиплексування

На основі розглянутої інформації можна провести наступне порівняння технологій мультиплексування.

У таблиці 3.1 наведені види стандартів PON за їхніми основними характеристиками: швидкість передавання інформації по висхідному та низхідному потоках, базовий протокол, вид лінійного коду, максимальний радіус мережі, максимальна кількість абонентських вузлів на волокно, застосування, корекція помилок, довжини хвиль висхідного та низхідного потоків, можливість динамічного розподілу смуги, наявність IP-фрагментації, спосіб захисту даних, наявність резервування, оцінка підтримки мовних застосувань та QoS.

Таблиця 3.1

Порівняльні характеристики пасивних оптичних мереж

Характеристики	APON (BPON)	EPON (GEAPON)/ 10G EPON	GPON
Стандарт	ITU-T G.983.x	IEEE 802.3ah ITU G.985/ IEEE 802.3av	ITU-T G.984.x
Швидкість передавання, прямий/зворотній потік, Мбіт/с	155/155; 622/155; 622/622; для BPON також: (1244/155; 1244/622)	1000/1000 (G)/ 10Gbit/10Gbit; 10Gbit/1Gbit (10G)	1244/155, 622, 1244; 2488/622, 1244, 2488
Базовий протокол	ATM	Ethernet	SDH
Лінійний код	NRZ	8B/10B	NRZ
Максимальний радіус мережі, км	20	20	20

Продовження таблиці 3.1

Характеристики	APON (BPON)	EPON (GEPON)/ 10G EPON	GPON
Максимальна кількість абонентських вузлів на волокно	32	32 (G)/ 64 (10G)	до 128
Застосування	Будь-які	IP, данні	Будь-які
Корекція помилок FEC	передбачена	немає	необхідна
Довжина хвилі низхідного/висхідного потоків, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1480/1310)
Динамічний розподіл смуги	є	можливий	є
IP-фрагментація	є	немає	є
Захист даних	шифрування відкритими ключами	немає	шифрування відкритими ключами
Резервування	є	немає	є
Оцінка підтримки мовних застосувань та QoS	висока	низька	висока

Таким чином, можна зробити висновок, що серед пасивних оптичних мереж найкращими для застосування, які відповідають сучасним потребам є GPON та EPON (10G EPON).

Слід відмітити, що у GPON є ряд переваг у порівнянні з EPON:

- Вища швидкість передачі даних (2,4 Гбіт/с).
- Має можливість також передавати сигнал аналогового телебачення.
- Максимальна кількість абонентських вузлів 128, що переважає навіть технологію 10G EPON.

Технологія GEPON має ряд переваг:

- Передбачує використання витой пари, що суттєво знижує затрати при встановленні.
- Забезпечує найвищу швидкість передачі серед пасивних оптичних мереж (10G EPON).

Загальні переваги пасивних оптичних мереж:

- Низька вартість обладнання.
- Процес встановлення, налаштування мережі та підключення нових абонентів є досить простим.
- Одночасна передача висхідного та низхідного потоків по одному волокні.
- Мережа складається з малої кількості компонентів.

Таким чином, технологія PON чудово підходить для організації комп'ютерних мереж в межах населеного пункту. Але основним недоліком даної системи є те, що абонентський вузол (ONU/ONT) при отриманні даних, крім своїх, отримує також дані інших вузлів, що підключені до того ж спліттера, що і він. Хоч система абонентського вузла і аналізує пакетні дані, передаючи користувачеві лише його дані та ігноруючи інші, але маючи відповідні навики можна отримувати доступ до інформації інших користувачів.

В таблиці 3.2 поданий список сучасних систем спектрального ущільнення та їх основні характеристики: кількість каналів, діапазон довжин хвиль на яких відбувається передача, відстань між сусідніми каналами, лінійна швидкість передачі.

Таблиця 3.2

Основні характеристики сучасних WDM систем.

Найменування та тип системи (DWDM або CWDM)	Компанія виробник	Число каналів	Діапазон довжин хвиль	Відстань між сусідніми каналами	Лінійна швидкість передачі
1626 LightManager	Alcatel	96 (192)	1530 ÷ 1570 нм	0,4 нм	100 Мбіт/с – 2,5 Гбіт/с, 10 Гбіт/с
1696 MetroSpan	Alcatel	32	1530 ÷ 1560 нм	0,8 нм	100 Мбіт/с – 2,5 Гбіт/с, 10 Гбіт/с
1696 MetroSpanCompact	Alcatel	8	1530 ÷ 1560 нм	0,8 нм	100 Мбіт/с – 2,5 Гбіт/с, 10 Гбіт/с

Продовження таблиці 3.2

Найменування та тип системи (DWDM або CWDM)	Компанія виробник	Число каналів	Діапазон довжин хвиль	Відстань між сусідніми каналами	Лінійна швидкість передачі
1692 MetroSpanEdge	Alcatel	8	1470 ÷ 1610 нм	20 нм	100 Мбіт/с – 2,5 Гбіт/с, 10 Гбіт/с
XDM (DWDM)	ECI	80	1529 ÷ 1561 нм 1570 ÷ 1603 нм	100 ГГц (0,8 нм)	2,5 Гбіт/с 10 Гбіт/с
XDM (CWDM)	ECI	16	1291 ÷ 1611 нм	2500 ГГц (20 нм)	2,5 Гбіт/с
CommonPhotonicLayer (CPL)	Nortelnetworks	DWDM - 36 DWDM - 72	C – діапазон	100 ГГц 50 ГГц	10 Гбіт/с
OPTeraMetro 5200 OPTeraMetro 5100	NortelNetworks	DWDM -32 CWDM -8	DWDM C i L 1528,77 нм ÷ 1605,73 нм CWDM S+C+L 1470 ÷ 1610 нм	200 ГГц 20 нм	10 Гбіт/с 2,5 Гбіт/с
SURPASS 7500	Siemens	До 160	1520 ÷ 1610 нм	100 ГГц і 50 ГГц	160 x 10 Гбіт/с
SURPASS 7540	Siemens	До 160	1528,77 ÷ 1607,47 нм	50 ГГц	12,5 Гбіт/с
SURPASS 7540C	Siemens	До 80	1537,39 ÷ 1563,86 нм	50 ГГц	2,5 Гбіт/с
FSP 3000 Metro DWDM	Siemens	64 / 32	1530,33 ÷ 1602,31 нм	200 ГГц	10 Гбіт/с
SURPASS 7550, DWDM-система	Siemens	160 довжин хвиль 10 Гбіт/с 80 довжин хвиль 40 Гбіт/с	1528,77 ÷ 1607,47 нм	100 ГГц і 50 ГГц	160 каналів x 10 Гбіт/с 80 каналів x 40 Гбіт/с

Продовження таблиці 3.2

Найменування та тип системи (DWDM або CWDM)	Компанія виробник	Число каналів	Діапазон довжин хвиль	Відстань між сусідніми каналами	Лінійна швидкість передачі
Tellabs 7200 OpticalTransport System DWDM-система	Tellabs	32 16	1535,82 ÷ 1560,61 нм 1536,61 ÷ 1560,61 нм	100 ГГц 200 ГГц	32 (16) каналів х 10 Гбіт/с
Metropolis® WSM DWDM-система CWDM-система	Lucent Technologies	40 20 8 CWDM	1530,33 ÷ 1561,42 нм 1470 ÷ 1610 нм (CWDM)	100 ГГц 200 ГГц	40 (20) каналів х (2,5 Гбіт/с) 10 Гбіт/с 8 каналів х 2,5 Гбіт/с (CWDM)
LambdaXtreme™ Transport DWDM-система	Lucent Technologies	128 довжин хвиль 10 Гбіт/с 64 довжин хвиль 40 Гбіт/с	L – діапазон	Відсутні дані	128 каналів х 10 Гбіт/с 40 каналів х 40 Гбіт/с
WaveStar® OLS 1.6T	Lucent Technologies	160 довжин хвиль 10 Гбіт/с	Відсутні дані	Відсутні дані	160 каналів х 10 Гбіт/с
SpectraStream 128 CWDM-система	Optelecom	18 довжин хвиль	1270 ÷ 1450 нм	20 нм	Відсутні дані
Система “ПУСК” DWDM-система	НТО-ИРЭ-Плюс	8 довжин хвиль 10 Гбіт/с (до 160 довжин хвиль)	1530 ÷ 1605 нм	200 ГГц (до 50 ГГц)	8 каналів х 10 Гбіт/с (до 160 каналів х 10 Гбіт/с)
Система “ПУСК-М” DWDM-система	НТО-ИРЭ-Плюс	12 довжин хвиль 10 Гбіт/с	1548 ÷ 1562 нм	100 ГГц	12 каналів х 10 Гбіт/с

Таким чином можна визначити ряд наступних переваг WDM систем:

- Висока швидкість передачі інформації (до 10, а іноді до 40 Гбіт/с).
- Велика кількість каналів передачі даних (до 160).
- Передача інформації на відстані до 160 км.

Недоліки WDM систем:

- Зазвичай, канал виділяється на одного користувача.
- Висока вартість обладнання.
- Велика кількість каналів зобов'язує використовувати велику кількість підсилювачів сигналу.
- Система вимагає постійного контролю та регулярного обслуговування.

Відповідно, використання WDM систем значно ефективніше для реалізації магістральних ліній передачі інформації.

3.2. Структурна схема альтернативної системи мультиплексування сигналу

В результаті аналізу існуючих методів мультиплексування та частотного розділення сигналів в оптоволоконному кабелі, вдалось розробити альтернативний метод мультиплексування сигналу. Даний метод включає в себе зміни лише на рівні обладнання системи передачі інформації і дозволяє використовувати вже існуючі лінії зв'язку.

В основі методу застосовуються метод хвильового ущільнення сигналу (WDM) та часового мультиплексування (TDM).

В WDM системах кожна несуча хвиля являє собою окремий канал передачі інформації (що знижує її продуктивність в ті періоди часу, коли канал не передає жодної інформації), при TDM мультиплексуванні, кожен пакет передається в заданий період часу (рис. 3.1). В нашому випадку всі хвилі запропоновано використовувати, як один канал передачі даних з використанням TDM (рис. 3.2). Тобто, пакетні данні користувача будуть

розділені на рівні частини між каналами та передаватимуться одночасно. Цей метод надасть змогу багатократно збільшити максимальну пропускну здатність однієї лінії передачі інформації.

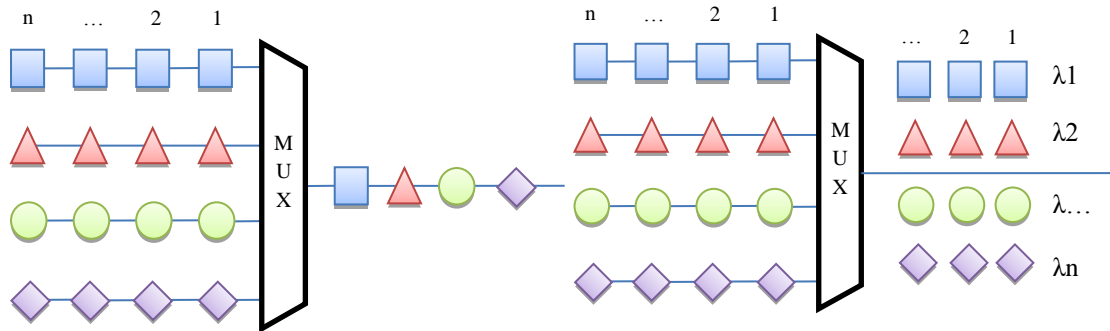


Рис. 3.1 – Передача даних з використанням TDM та WDM.

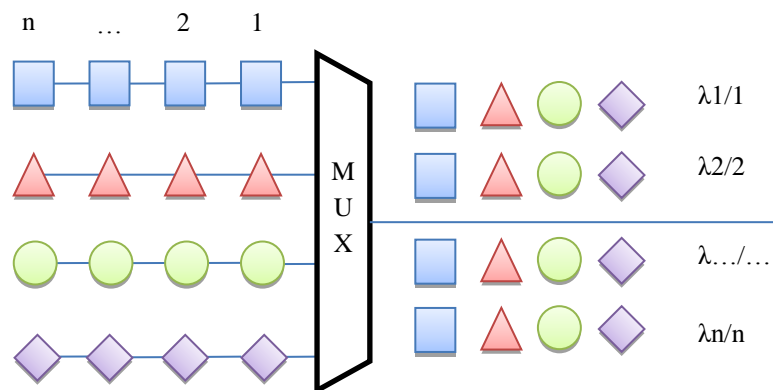


Рисунок 3.2 – Альтернативний варіант мультиплексування.

Розглянемо схему мультиплексування сигналу з розділенням за довжиною хвилі на рис. 3.3.

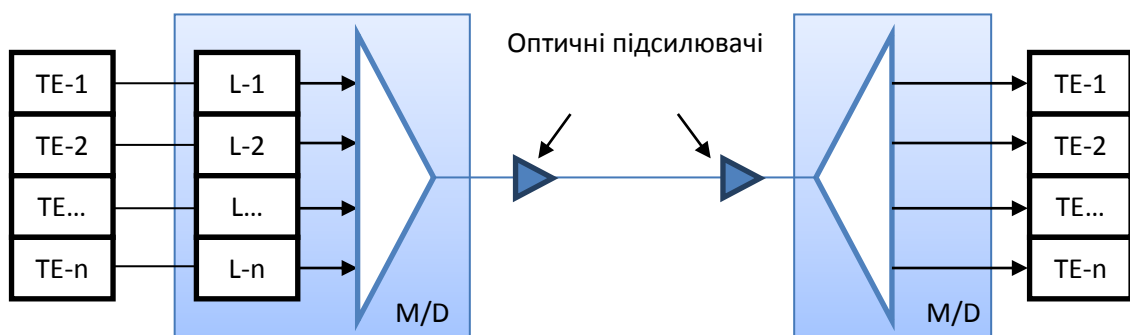


Рис. 3.3 – Схема WDM.

В даній схемі (рис 3.3): TE – термінальне обладнання, L – лазер, M/D – мультиплексор / демультимплексор. В цьому випадку кожен термінал з’єднується з лазером мультиплексора для передачі даних на своїй довжині хвилі у оптоволокну.

У нашому випадку схема матиме певні відмінності (рис. 3.4). Перш за все, в схему введено додатковий елемент – CM – контрольний модуль. Саме з контрольним модулем буде з’єднуватись термінальне обладнання. Модуль повинен виконувати наступні функції:

- Реєстрацію з’єднань з терміналами.
- Формування черги.
- Прийом пакетів від відправника.
- Розподілення отриманих пакетів між лазерами.
- З’єднання отриманих від приймачів пакетів.
- Передачу пакетів одержувачу.

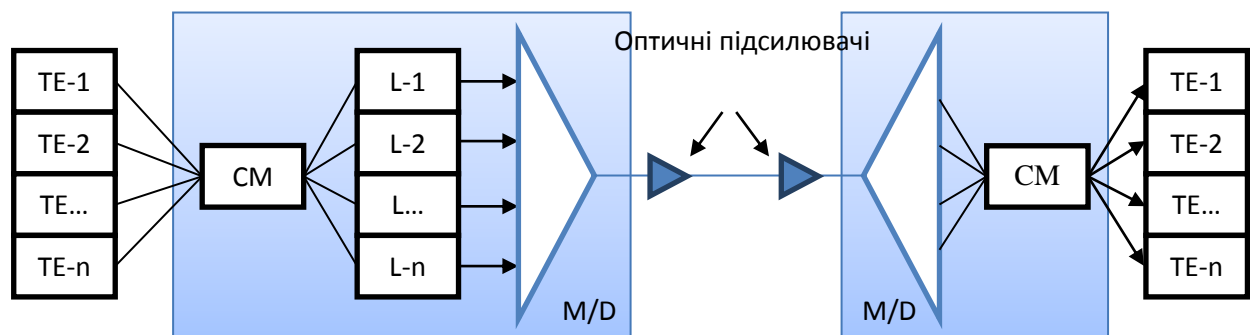


Рис. 3.4 – Схема запропонованої моделі мультиплексування.

В процесі розподілені пакетних даних між передавачами, варто вжити заходів, що дозволятимуть вірно об’єднати розділені дані до їх початкового вигляду. Для цього варто використати метод інкапсуляції. Пакет, який буде відправлений на передавач повинен містити два додаткових поля: перше відповідатиме послідовному номеру частини, друге – на скільки частин були розділені дані.

Вибір методу хвильового ущільнення (CWDM чи DWDM) залежить від того, скільки передавачів сигналу потребує (може потребувати) система передачі. Але оскільки кількість передавачів буде майже кратною збільшенню максимальної швидкості передачі інформації можна використовувати елементи CWDM систем – це суттєво зменшить вартість даного обладнання.

Часове ущільнення можна реалізувати подібно до того, як воно здійснюється в технології GPON: Розподіл часових комірок буде проводитись в режимі черги (реєстрації), тобто, часових комірок буде стільки, скільки користувачів користуються системою в даний момент часу, а не фіксована кількість. При підключенні нового користувача обладнання терміналу буде надсилати повідомлення про підключення і отримувати свій порядковий номер у черзі (розміщуватись в кінці черги), при відключенні – станція надсилатиме терміналам, що знаходились в черзі після відключеного терміналу «узгоджуюче» повідомлення про зміну їхнього часового вікна. Це дозволить більш ефективно використовувати лінію зв'язку, не завантажуючи її «пустими» пакетами.

Передача інформації в даній системі здійснюється за принципом паралелізму, тобто передача в груповому каналі здійснюється методом, як хвильового, так і часового ущільнення. Відповідно, якщо максимальна швидкість при TDM без спотворення сигналу дорівнює 10 Гбіт/с., то максимальна швидкість групового потоку буде $10 \cdot (\text{кількість передавачів})$ Гбіт/с. Але це буде максимальна швидкість передачі при ідеальних умовах, адже певний час буде затрачатись на інкапсуляцію та декапсуляцію даних.

Дана система також має бути простою у вдосконаленні, при потребі збільшення пропускної здатності чи максимальної кількості користувачів. Таким чином можна використовувати один з двох варіантів вдосконалення:

- Збільшення кількості передавачів (рис 3.4).
- Додавання контрольного модуля (рис. 3.5).

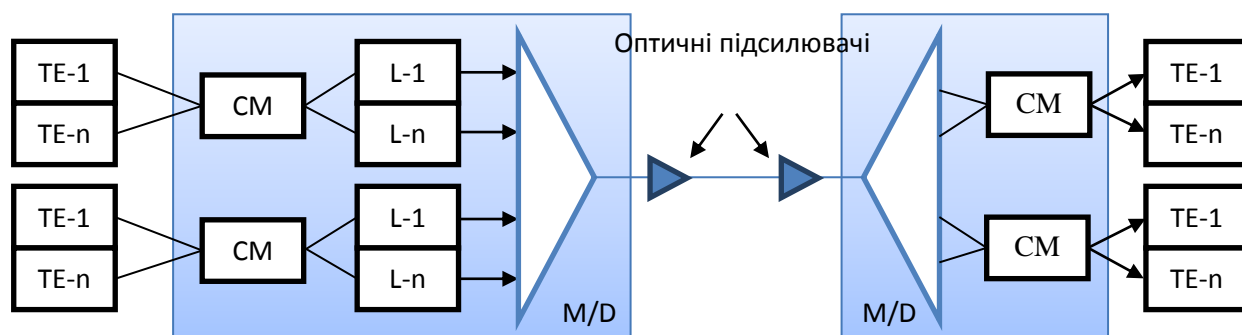


Рис. 3.5 – Схема система мультиплексування з кількома контролюючими модулями.

3.2.1. Реалізація структурної схеми

Для забезпечення максимальної ефективності даної системи мультиплексування, слід уникнути пасивних розгалужувачів. Натомість, кожному користувачеві чи групі користувачів буде виділятися окремий оптичний канал. Дана структурна схема зображена на рис. 3.6.

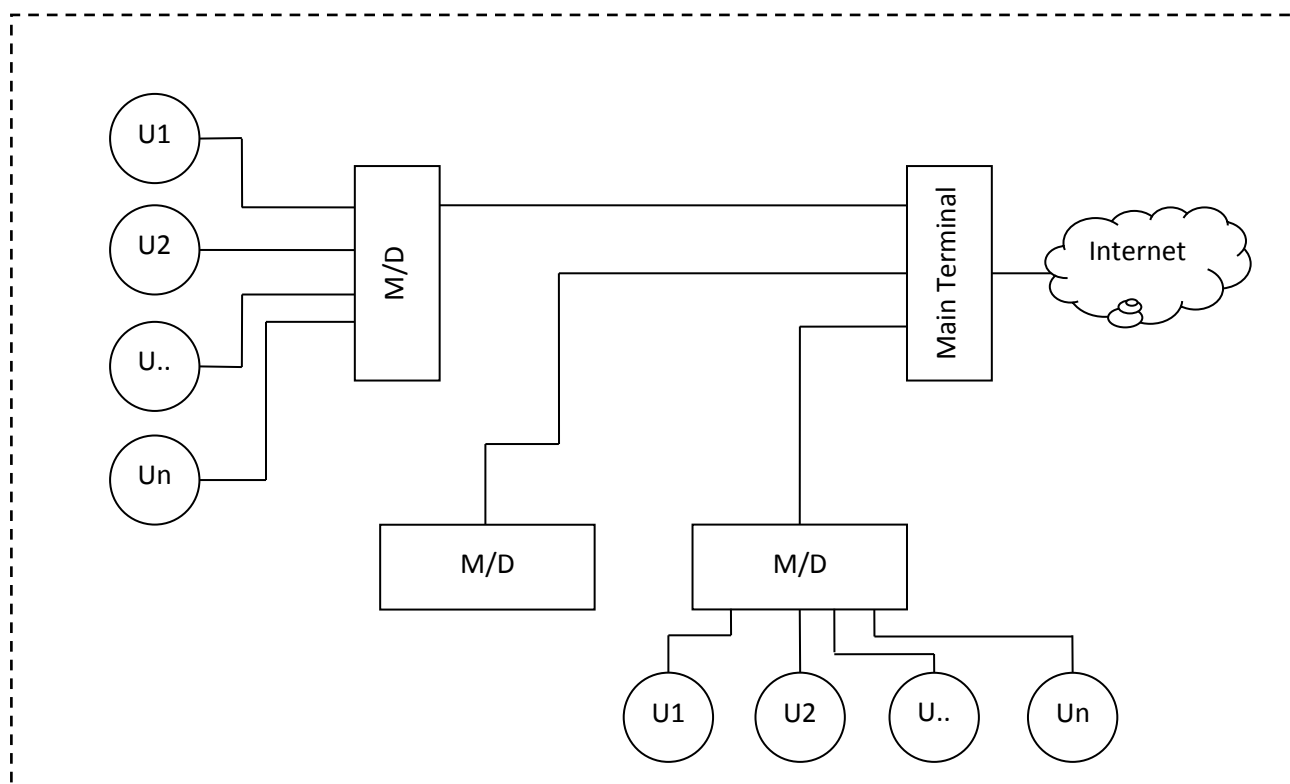


Рис. 3.6 – Структурна схема мережі.

На рис. 3.6 зображені наступні елементи мережі:

- U – мережеве обладнання користувача;
- M/D – мультиплексор/демультиплексор;
- Main Terminal – мережеве обладнання провайдера.

Для кожного мережевого обладнання користувача виділена окрема лінія. Передача інформації між користувачем та мультиплексором (демультиплексором) здійснюється на довжині хвилі 1550 нм (для низхідного) та 1310 нм (для висхідного потоку). В свою чергу мультиплексор приймає дані користувача, буферизує їх, очікує черги для даного каналу, передає дані користувача для розподілу між каналами (в залежності від їх кількості) та передає мережевому обладнанню провайдера. Структурна схема мультиплексора зображена на рис. 3.7.

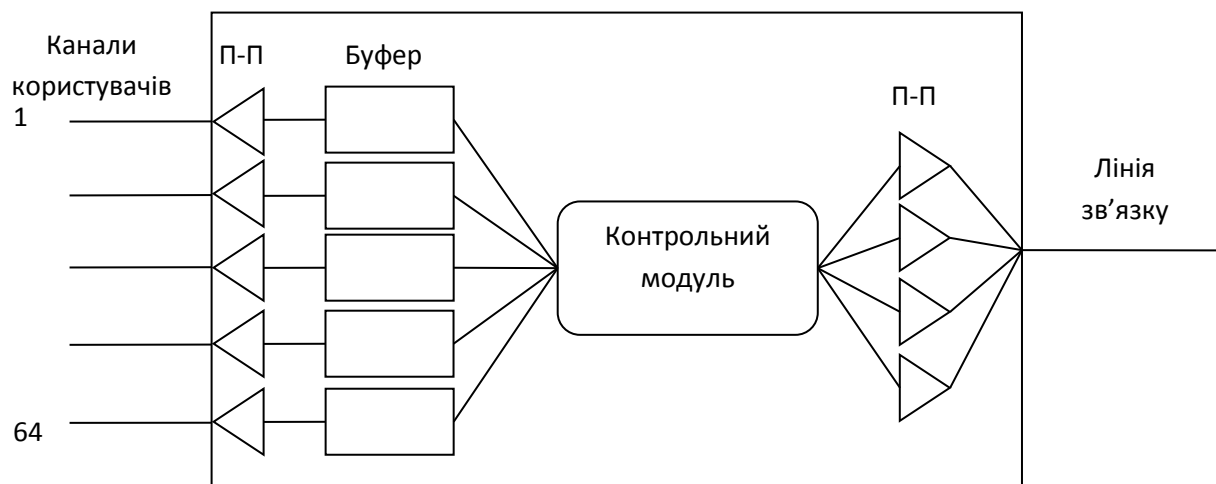


Рис. 3.7 – структурна схема мультиплексора.

На рис 3.7 зображені такі елементи:

- П-П – приймач та передавач;
- Буфер – буфер обміну та резервування даних;
- Контрольний модуль – система організації обміну, інкапсуляції та декапсуляції даних.

Слід зазначити, що приймачі-передавачі для роботи з лінією зв'язку відмінні від тих, що працюють з мережевим обладнанням користувача. Для роботи з користувачем у мультиплексорі в якості передавача можна

використовувати напівпровідникові світло діоди (якщо відстань до обладнання до 2 км.), які видають сигнал з довжиною хвилі 1550 нм. Приймач повинен приймати світловий сигнал довжиною хвилі 1310 нм. Для мережевого обладнання користувача – навпаки. Використання слабшого за потужністю обладнання дозволить зменшити його вартість. Для обміну інформації мультиплексора з мережевим обладнанням провайдера прийнято рішення використовувати повноцінні напівпровідникові лазери. Дані приймачі-передавачі, залежно від їх кількості працюють на регламентованих номінальних довжинах хвиль для CWDM (табл. 2.1) або для DWDM (табл. 2.2).

3.3. Вимірювання та моніторинг

Вимірювання при експлуатації WDM систем поділяють на:

1. Вимірювання під час будівництва:

- Вхідний контроль;
- Оцінка якості монтажно-будівельних робіт та приведення параметрів до встановлених норм;
- Приймально-здавальні випробування.

2. Вимірювання під час експлуатації:

- Профілактичні вимірювання;
- Вимірювання під час та після аварійно-відновлювальних робіт;
- Безперервний моніторинг параметрів системи;

Після введення в дію WDM системи найбільшого значення набуває безперервний моніторинг параметрів системи.

Моніторинг систем WDM – це безперервний контроль стану активних каналів за допомогою відповідного набору тестів. Моніторинг призначено для вияву різних відхилень в оптичних характеристиках мережі, що можуть вплинути на її роботоздатність. Моніторинг призначено не лише для відслідковування поточного стану системи, але і для аналізу цього стану для запобігання виходу системи з ладу чи погіршення її показників якості.

Можна виділити типи моніторингу:

- Моніторинг активних волокон:

Дозволяє контролювати поточний стан системи і її характеристик.

- Моніторинг з використанням каналу контрольного оптичного каналу (OSC).

Оптичний службовий канал – це канал для контролю показників якості лінійного тракту та для передавання сигналів технічного обслуговування ВОСП.

Канал OSC дозволяє використовувати всі необхідні тести безперервно та без відключення каналів. Оскільки довжина хвилі каналу OSC знаходиться поза смугою підсилювача EDFA, то вихід підсилювача з ладу не впливає на цілісність каналу OSC.

- Моніторинг з використанням одного з робочих каналів.

Тотожний контролю з використанням каналу OSC, однак вихід з ладу підсилювача EDFA призводить до порушення цілісності каналу.

- Моніторинг з використанням систем дистанційного тестування.

Система моніторингу за допомогою дистанційного тестування постійно і автоматично веде контроль характеристик параметрів в мережі зв'язку, оперативно знаходить несправності і визначає їх.

3.3.1. Короткий огляд оптичного моніторингу

Керування існуючими SDH мережами базується на контролі цифрових параметрів типу коефіцієнта помилок за бітами (BER), коефіцієнта секунд з помилками (ESR), коефіцієнта секунд зі значними помилками (SESR), котрі виміряні на електричному рівні (в 3R регенерації).

Подібний підхід використовується в OTN для моніторингу з'єднання з кінця в кінець та їхніх з'єднань на електричному рівні.

Ці методи є надійними критеріями оцінки характеристик оптичного каналу, однак вони не можуть бути застосовані всередині прозорої оптичної

ділянки, де немає 3R-регенераторів, що закінчують структуру циклу. Тому такі методи не можуть дати достатньої інформації для виявлення першопричин виникнення проблем в DWDM мережах.

Окрім того ріст швидкості передавання, числа каналів, довжини оптичних ділянок на мережах DWDM призводить до збільшення впливу нелінійних явищ, що робить більш складною задачу моніторингу системи.

Оптимальним вирішенням для оптичної транспортної мережі є комплексне об'єднання трьох підходів:

- Проектування мережі таким чином, щоб обмежити джерела шуму та дисперсію.
- Відповідна система індикації про аварії для активних оптичних компонентів в межах мережі (для знаходження пошкодження).
- Використання відповідного оптичного моніторингу (для знаходження аномалій, дефектів, деградації і помилок, ефект старіння, вимірювання шуму, температури і вологості, що зачіпають якість оптичного рівня) по всій мережі для контролю критичних оптичних параметрів. (Оптичний Моніторинг дозволяє знизити експлуатаційні витрати, хоча нерідко за рахунок витрат на обладнання).

Методи моніторингу класифікуються наступним чином:

1. Сигналізаційний моніторинг.

Включає в себе моніторинг за часовими і частотними параметрами (найпростіша форма спектрального аналізу - простий моніторинг потужності кожного каналу). Якість моніторингу за цими параметрами чутлива до ефектів спотворення та дисперсії.

2. Моніторинг за непрямыми методами.

Непрямі методи використовують емпіричну кореляцію між аваріями обладнання та якістю сигналу. Непрямі методи головним чином вказують на те, що система працює і що якість сигналу погіршено, коли параметр обладнання, що випробується, знаходиться за границями нормованого діапазону.

3. Моніторинг з допомогою вбудованого обладнання

Використовують для дистанційного контролю параметрів мережі. Існують спеціалізовані системи моніторингу.

4. Моніторинг з допомогою зовнішнього обладнання

Моніторинг за допомогою зовнішнього обладнання здійснюється як дистанційно так і на місцях в контрольних точках системи. Найчастіше для моніторингу параметрів WDM системи використовують рефлектометри, оптичні аналізатори спектра, тестери коефіцієнтів помилок (котрі як правило є складовою частиною мережних аналізаторів), вимірювачі оптичної потужності.

Таблиця 3.3

Чинники, що впливають на якість в оптичній частині системи

Вид погіршення	Відносна частота виникнення
Загасання	Часто
Зміна оптичної потужності в каналі внаслідок вимірювання коефіцієнта підсилення в каналі	Часто
Відхилення від номіналу частоти (або довжини хвилі)	Часто
Поляризаційна дисперсія моди (PMD) (першого або вищих порядків)	Середньо
Чотирихвильове змішування (FWM)	Середньо
Підсилена спонтанна емісія (ASE). Шум в оптичних підсилювачах	Середньо
Хроматична дисперсія	Середньо
Нахил хроматичної дисперсії	Середньо
Відбиття	Середньо
Шум лазера	Середньо
Внутрішньоканальні перехідні завади	Середньо
Інтерференційні перехідні завади	Середньо
Перефазна фазова модуляція (XPM)	Рідко
Самомодуляція фази (SPM)	Рідко
Вимушене Бріллюенівське розсіювання (SBS)	Рідко
Вимушене Раманівське розсіювання (SRS)	Рідко

Рівні відносної частоти появи погіршення вказані в таблиці 3.3:

- Рідко: коли ймовірність ефекту, що спричинює достатньо суттєвий штраф, X дБ, ≈ 1 випадок в 10 років.

- Середньо: коли ймовірність ефекту, що спричинює достатньо несприятливий штраф, X дБ, ≈ 1 випадок в рік.
- Часто: коли ймовірність ефекту, що спричинює достатньо несприятливий штраф, X дБ, ≈ 10 випадок в рік.

Вищевказані величини відносяться до періоду усталеного режиму життя систем.

Випадок, що призводить до появи штрафу XдБ, стосується як одного каналу так і багатьох каналів.

Параметрами для оптичного моніторингу є:

- Потужність в каналі
- Повна потужність
- Коефіцієнт оптичного відношення сигнал/шум (OSNR), коли в каналі відсутній значний шум
- Q-фактор

Таблиця 3.4

Зв'язок між ефектами, що призводять до погіршення, та параметрами оптичного моніторингу.

Параметри	Повна потужність	Потужність в каналі	Довжина хвилі каналу	OSNR	Q-фактор
Вимірювання загасання	X	X		X	X
Відхилення від номіналу частоти (або довжини хвилі)		X	X	X	X
Зміна оптичної потужності в каналі внаслідок вимірювання коефіцієнта підсилення в каналі		X		X	X

3.3.2. Рефлектометри за вимірювання параметрів оптичних компонентів

Метод рефлектометрії має вагомі переваги порівняно з іншими методами контролю параметрів ВОЛЗ:

- Виміри проводяться на одному кінці лінії (або з одного кінця оптичного волокна)
- Є можливість визначення довжини відрізка волокна (кабелю) до місця пошкодження (неоднорідностей, тріщин ОВ, мікровигинів)
- Вимірює втрати на з'єднаннях
- Вимірює коефіцієнт зворотнього відбиття.
- Проводить оцінку стану системи з плином часу, порівнянням первинних та отриманих поточних рефлектограм.

Можна виділити три види рефлектометрів за принципом дії та сферою застосування:

1. Імпульсний рефлектометр.
2. Частотний рефлектометр.
3. Брілюенівський рефлектометр.

Робота рефлектометра полягає в дослідженні відбитого сигналу, котрий виникає внаслідок зворотного розсіювання в оптичному тракті. Лазер подає в оптичну лінію світловий імпульс з певним періодом повторення, через певні проміжки часу прилад визначає потужність отриманого зворотного сигналу.

Характеристиками рефлектометра є:

- Динамічний діапазон — визначається як різниця між сигналом на початку рефлектограми та середньоквадратичним значенням шумів в кінці рефлектограми (цей параметр впливає на максимальну відстань, з якою може працювати прилад, чим він більший, тим більша відстань роботоздатності приладу)
- Границі зміни тривалості імпульсу (для коротких ліній потрібні короткотривалі імпульси, адже сильний сплеск від рознімного з'єднувача при

відбитті може зробити приймач приладу нечутливим, внаслідок чого з'являється «мертва зона», тобто відстань, на котрій покази приладу не можна вважати достовірними. (Мертва зона приладу вимірюється за імпульсом найменшої тривалості. Розрізняють мертві зони по відбиттю та по загасанню, як це показано на рисунку. Величина мертвої зони залежить не лише від тривалості імпульсу, а також і від коефіцієнта відбиття від неоднорідності та відстані до неоднорідності)

- Роздільна здатність рефлектометра.
- Можливість комп'ютерної обробки результатів (що дає змогу більш ефективно обробляти отримані результати)

Мертві зони рефлектометра — це ділянки поблизу відбиваючих елементів, в котрих не можна достовірно проводити виміри. Ділянку поблизу відбиваючої події, в межах якої неможливо виявити іншу відбиваючу подію, називають мертвою зоною відбиття. Ділянка поблизу відбиваючої події, в межах котрої неможливо достовірно виміряти рівень потужності зворотного розсіювання, називається мертвою зоною загасання.

Мертва зона відбиття визначається відстанню між початком відбиття та точкою на спаді піку відбиття з рівнем меншим на 1,5 дБ відносно піку.

Мертва зона загасання визначається відстанню від початку відбиття до точки, в котрій рівень сигналу фотоприймача відрізняється не більше ніж на $\pm 0,5$ дБ від рівня зворотного розсіювання (рис.3.8).

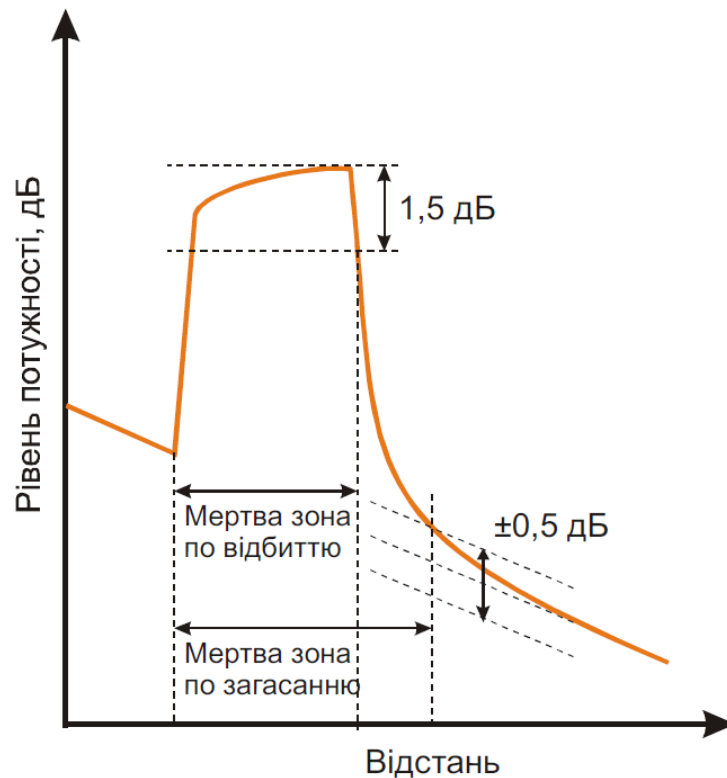


Рис.3.8 – Приклад визначення мертвих зон.

Нахил кривої на рефлектограмі характеризує коефіцієнт загасання волокна в дБ (рис.3.9). На ділянках, вільних від відбиваючих чи поглинаючих об'єктів, це спадна пряма лінія, за якою досить точно можна визначити коефіцієнт відбиття, не дивлячись на те, що вимірювання проводиться непрямо, за загасанням відбитого світла. На рефлектограмі також видно місця з'єднання волокон та точкові дефекти. За допомогою рефлектограми можна визначити відстань та тип подібної неоднорідності, а також величину втрат на них. Піки на з'єднаннях зумовлені френелівським розсіюванням на торцях волокон, поява такого піку на місцях зварних з'єднань свідчить про погану якість зварювання. Зварні з'єднання як правило не є відбиваючими і втрати на них схожі на місця мікровигинів.



Рис 3.9 – Приклад типової рефлекторами.

При вимірюванні рефлектометром в місцях з'єднань волокон різного типу можлива помилка в обробці результатів (рис.3.10), джерелом якої є відмінність коефіцієнтів зворотного розсіювання з'єднаних волокон. Виміряне за рефлектограмою значення втрат на з'єднанні відрізнятиметься від реального значення на величину різниці коефіцієнтів зворотного розсіювання в дБ. Наприклад, з'єднання ділянок I та II виглядає як ділянка, на котрій відбулось підсилення сигналу, а ділянка на з'єднанні II та III – як така, що вносить втрати, які перевищують їхню реальну величину.

Вимірювання рефлектометром втрат на з'єднанні волокон дає правильний результат у випадку, коли коефіцієнти зворотного розсіювання двох волокон рівні. При різних величинах цих коефіцієнтів потрібно корегувати результати, або для більшої точності обчислювати результат за допомогою двох рефлектограм, знятих з протилежних кінців, в такому випадку втрати на з'єднанні дорівнюватимуть півсумі вимірів з двох рефлектограм, знятих з різних кінців.

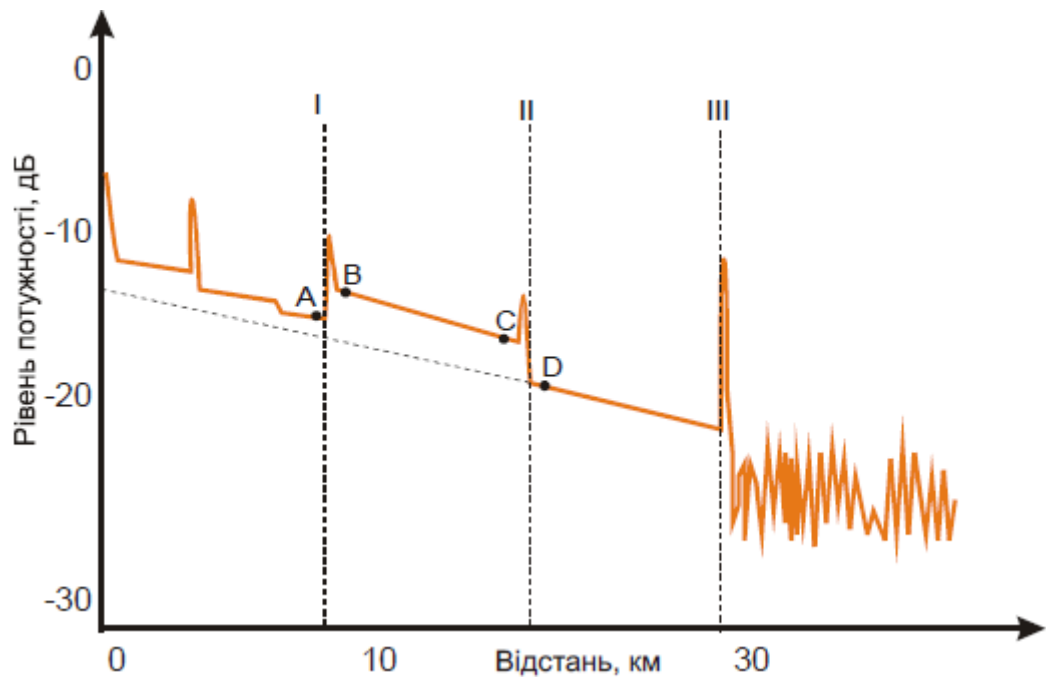


Рис.3.10 – Приклад появи помилок при аналізі рефлектограм.

Метод частотної рефлектометрії OFDR (Optical frequency domain reflectometr), ще називають методом частотно-модульованого зондування. За такого методу в оптичне волокно вводиться не імпульсне оптичне випромінювання, а безперервний сигнал, частота котрого промодульована сигналом, що змінюється за заданим законом (як правило використовується лінійна модуляція частоти сигналу).

Відбитий в оптичному волокні сигнал повертається і змішується із зондуючим опорним сигналом. В результаті формується послідовність з биття, частотний спектр якої описує зміну зондуючого сигналу вздовж волоконного тракту. При цьому частота сигналу биття F пов'язана із затримкою проходження зондуючого імпульсу до точки з координатою x на тракті наступним чином:

$$F = \gamma \cdot \tau = (2 \cdot \omega \cdot F_m) \cdot \left(\frac{2 \cdot n \cdot x}{c} \right), \quad (3.1)$$

де:

ω – девіація частоти зондуючого сигналу;

$\gamma = 2\omega F_m$ – швидкість зміни частоти зондуючого імпульсу сигналу;

F_m – частота повторень функції модуляції зондуючого сигналу оптичного волокна;

n – показник заломлення сердцевина;

c – швидкість світла у вакуумі.

Брілюєнівський рефлектометр використовується для виявлення місць з великим натягом волокон. Такі місця є потенційними місцями виникнення мікротріщин та обриву волокон. Виявлення таких місць до монтажу оптичного кабелю дозволяє убезпечити кабель від швидкого старіння і виходу з ладу внаслідок виникнення тріщин та обриву волокон. Звичайно, всі інші параметри волокон при цьому можуть бути в нормі, однак зайвий натяг волокон призведе до виходу цілком працездатного кабелю з ладу.

Брілюєнівський рефлектометр має в своїй конструкції пристрій зсуву за частотою, де зондуючий сигнал отримує зсув на величину $\Delta\nu$, у волокні виникає сигнал, зсунутий за частотою на величину $\Delta\nu_B$, що повертається на фотодетектор, на котрий також поступає опорний сигнал, внаслідок чого фотодетектор реєструє биття з частотою $\Delta\nu - \Delta\nu_B$.

Спершу проводиться вимір кількох рефлектограм за різних величин зсуву $\Delta\nu$. Потім визначається положення максимуму кривої розсіювання для кожної довжини волокна, котре і відповідає Брілюєнівському зсуву частоти $\Delta\nu_B$. Потім комп'ютерно обчислюється натяг за зсувом частоти. Коефіцієнт пропорційності залежить від температури волокна та показника заломлення, і ці дані вводяться в програму заздалегідь.

3.3.3. Оптичні аналізатори спектра при вимірюванні параметрів оптичних компонентів

Оптичні аналізатори спектра OSA (Optical Spectrum Analyzer) дозволяють контролювати такі параметри як центральна довжина хвилі, відстань між сусідніми каналами, потужність, відношення сигнал/шум та інші.

Принцип роботи оптичного аналізатора спектра полягає в розділенні світлового потоку на монохроматичні компоненти з подальшим виміром потужності кожної складової. OSA дає можливість дослідити весь спектральний профіль сигналу в потрібному діапазоні довжин хвиль. Для сигналу, що проходить по волокну DWDM системи, можуть бути проаналізовані оптичні характеристики кожного каналу та взаємний вплив різних каналів.

Сучасні моделі OSA широко використовуються для автоматизованого моніторингу WDM систем.

Важливими характеристиками OSA є:

- Коефіцієнт оптичного відхилення (Optical Rejection Ratio, ORR) – характеризує максимальне значення відношення сигнал/шум, котре OSA може виміряти в даному діапазоні за пікового значення сигналу. Чим більше каналів та чим менший інтервал між каналами і ширина власне каналів DWDM системи, тим потрібен більший ORR для відображення параметрів оптичного сигналу.
- Динамічний діапазон за потужністю – характеризує пропускну здатність оптичного детектора OSA (здатність виміряти всі різні рівні потужності). Прилад, що має широкий динамічний діапазон, дає можливість точно виміряти сигнали як високої так і низької потужності – це дає повне зображення спектра.
- Діапазон довжин хвиль – характеризує здатність OSA аналізувати сигнали у визначеній області спектра.
- Вирішувальна здатність за довжиною хвилі – характеризує можливість OSA розрізняти сигнали з близькими значеннями довжини хвилі.

Для отримання повної картини про стан DWDM системи OSA потрібно використовувати разом з аналізаторами бітових помилок.

3.4. Висновки до розділу

На сьогоднішній день серед пасивних оптичних мереж найбільш застосованими є технології GPON, EPON (GEAPON) та 10GEAPON. Ці технології забезпечують передачу інформації з швидкістю 1 – 10 Гбіт/с. Пасивні оптичні мережі є простими у встановленні, експлуатації та обслуговуванні. Але головним недоліком технології PON є незахищеність інформації. Тобто всі ONU отримують від OLT інкапсульовану інформацію всіх станцій, але кожен ONU передає користувачеві лише його інформацію, ігноруючи ту, що йому не належить.

Сучасні WDM системи теж мають високу швидкість передачі 1 – 10 Гбіт/с. (а окремі до 40 Гбіт/с.) та можуть забезпечити до 160 каналів передачі інформації. Але організація HWDW та HDWDW систем вимагає великої кількості точного апаратного забезпечення. Відповідно, крім його високої вартості обладнання вимагає постійного моніторингу та обслуговування.

Запропонований альтернативний варіант пропонує дещо відмінну систему мультиплексування. Система працює за принципом WDM та TDM, але з певними змінами. Всі канали, що розділені за довжиною хвилі, працюють, як один. Тобто пакетні дані одного користувача рівномірно розподіляються між усіма передавачами, передаються та з'єднуються у їх первинний вигляд. Технологія TDM реалізована на прикладі передачі сигналу від ONU до OLT в пасивних оптичних мережах, дані кожного з користувачів будуть передаватись у виділений для них період часу. Розподіл періодів часу та послідовності в черзі відбуватиметься за «узгодженням», тобто черга буде формуватись лише з активних користувачів. Даний метод мультиплексування можна застосовувати як для організації оптичних мереж, так і для передачі інформації в магістральних лініях зв'язку, що дозволить багатократно збільшити максимальну швидкість передачі інформації групового потоку.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Захист від електромагнітного випромінювання

Електромагнітні поля негативно впливають на організм людини, яка безпосередньо працює з джерелом випромінювання. Обладнання, яке застосовується в оптоволоконних системах передачі інформації включає в себе потужні напівпровідникові лазери та інші складові, які є джерелами ЕМП.

Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини взагалі залежить від діапазону частот, тривалості опромінення, характеру опромінення, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, яке опромінюється, та індивідуальних особливостей організму.[16]

У результаті дії ЕМП на людину можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій організму. Ці порушення виникають в результаті дії електричної складової ЕМП на нервову систему, а також на структуру кори головного та спинного мозку, серцево-судинної системи. У більшості випадків такі зміни в діяльності нервової та серцево-судинної системи мають зворотній характер, але в результаті тривалої дії вони накопичуються, підсилюються з плином часу, але, як правило, зменшуються та зникають при виключенні впливу та поліпшенні умов праці. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень та захворювань. На початку 60-х років у науково-технічній літературі з'явилися перші відомості про те, що люди, опромінені імпульсом НВЧ коливань, можуть постійно чути якийсь звук. Залежно від тривалості та частоти повторень імпульсів цей звук сприймається як щебет, цвірінчання чи дзюркіт у деякій точці всередині чи ззаду голови. Це явище викликало інтерес вчених, які розпочали систематичні дослідження на людях та тваринах. Під час дослідів люди повідомляли про свої відчуття.

Отже, електромагнітне випромінювання як хвороботворний чинник слід розглядати на підставі клінічних та експериментальних матеріалів. Сумісну дію цих випромінювань широкого діапазону можна класифікувати як окрему радіохвильову хворобу. Тяжкість її наслідків знаходиться у прямій залежності від напруженості ЕМП, тривалості впливу, фізичних особливостей різних діапазонів частот, умов зовнішнього середовища, а також від функціонального стану організму, його стійкості до впливу різних чинників можливостей адаптації.

Поряд із радіохвильовою хворобою (як специфічним результатом дії ЕМП) зростає ризик виникнення загальних захворювань, захворювань органів дихання, травлення тощо. Це відбувається також і за дуже малої інтенсивності ЕМП, яка незначно перевищує гігієнічні нормативи. Ймовірно, що причиною тут є порушення нервово-психічної діяльності як головної у керуванні всіма функціями організму.

У результаті дії на організм людини електромагнітних випромінювань в діапазоні 30 кГц - 300 МГц спостерігається: загальна слабкість, підвищена втома, сонливість, порушення сну, головний біль та біль в ділянці серця. З'являється роздратованість, втрачається увага, сповільнюються рухово-мовні реакції. Виникає ряд симптомів, які свідчать про порушення роботи окремих органів - шлунку, печінки, підшлункової залози. Погіршуються харчові та статеві рефлексі, діяльність серцево-судинної системи, фіксуються зміни показників білкового та вуглеводного обміну, змінюється склад крові, зафіксовані зміни на рівні клітин.

При систематичній дії ЕМП високої та надвисокої частоти на організм людини спостерігається підвищення кров'яного тиску, трофічні явища (випадіння волосся, ламкість нігтів). ЕМП викликають зміну поляризації молекул та атомів, які є складовою частиною клітин, в результаті чого виникає небезпечний нагрів. Надмірне тепло може нанести шкоду як окремим органам, так і всьому організму людини. Професійні захворювання виникають у працівників при тривалому та інтенсивному опроміненні.

Вплив випромінювань надвисокої частоти (НВЧ) на організм людини привертає увагу великої кількості дослідників і відображається у численних наукових доповідях і публікаціях. В одній із них наведені відомості про клінічні прояви дії НВЧ залежно від інтенсивності опромінення. При інтенсивності близько 20 мВт/см² спостерігається зменшення частоти пульсу, зниження артеріального тиску, тобто явна реакція на опромінення. Вона сильніша й може навіть виражатися у підвищенні температури шкіри в осіб, які раніше потрапляли під дію опромінення.

Із ростом інтенсивності відбуваються електрокардіографічні зміни, при хронічному впливі - тенденція до гіпотонії, до змін у нервовій системі. Потім спостерігається прискорення пульсу, коливання об'єму крові. При інтенсивності 6 мВт/см² помічені зміни у статевих залозах, у складі крові, помутніння кришталика. Далі - зміни у здатності крові зсідатися, умовно-рефлекторній діяльності, вплив на клітини печінки, зміни у корі головного мозку. Потім - підвищення кров'яного тиску, розрив капілярів і крововиливи у легені та печінку.

Випромінювання інтенсивністю до 100 мВт/см² викликають стійку гіпотонію, стійкі зміни серцево-судинної системи, двосторонню катаракту. Подальше опромінення помітно впливає на тканини, викликає больові почуття. Якщо інтенсивність перевищує 1 Вт/см², це спричинює дуже швидку втрату зору, що є одним із серйозних ефектів дії НВЧ на організм людини. На більш низьких частотах такі ефекти не відбуваються, і тому їх треба вважати специфічними для НВЧ діапазону. Ступінь пошкодження залежить, в основному, від інтенсивності та тривалості опромінення.

Інтенсивне НВЧ опромінення відразу викликає сльозотечу, подразнення, звуження зіниці ока. Після короткого (1-2 доби) прихованого періоду спостерігається погіршення зору, що посилюється під час повторного опромінення і свідчить про кумулятивний характер пошкоджень. Спостереження за людьми доводять існування механізму відбудови пошкоджених клітин, який вимагає тривалого часу (10-20 діб). Зі зростанням

часу та інтенсивності впливу пошкодження набувають незворотного характеру. У разі прямого впливу на око випромінювання відбувається пошкодження рогівки. Але серед усіх тканин ока найбільшу чутливість в діапазоні 1...10 ГГц має кришталік. Сильні пошкодження кришталіка зумовлені тепловим впливом НВЧ (при щільності потоку енергії понад 100 мВт/см²). За малої інтенсивності помутніння спостерігаються тільки у задній ділянці, за великої - по всьому об'єму кришталіка.

Катароутворення пояснюється не тільки тепловою дією, воно залежить також від ряду інших не повністю встановлених чинників. Значну роль можуть відігравати концентрація поля у середовищах з окремими діелектричними властивостями та об'ємні резонансні ефекти. Для попередження професійних захворювань, які виникають у результаті тривалої дії електромагнітних випромінювань, встановлені гранично допустимі рівні електромагнітних випромінювань. Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 «ССБТ. Электромагнитное поле радиочастот».

Рівні ЕМП необхідно контролювати не рідше 1 разу на рік. Якщо вводиться в дію новий об'єкт або здійснюється реконструкція старих об'єктів, то заміри рівня електромагнітних випромінювань проводяться перед введенням їх в експлуатацію.

Вибір того чи іншого способу захисту від дії електромагнітних випромінювань залежить від робочого діапазону частот, характеру виконуваних робіт, напруженості та щільності потоку енергії ЕМП, необхідного ступеня захисту.

До заходів щодо зменшення впливу на працівників ЕМП належать: організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Організаційні заходи здійснюють органи санітарного нагляду. Вони проводять санітарний нагляд за об'єктами, в яких використовуються джерела електромагнітних випромінювань.

Інженерно-технічні заходи передбачають таке розташування джерел ЕМП, яке б зводило до мінімуму їх вплив на працюючих, використання в

умовах виробництва дистанційного керування апаратурою, що є джерелом випромінювання, екранування джерел випромінювання, застосування засобів індивідуального захисту (халатів, комбінезонів із металізованої тканини, з виводом на заземлюючий пристрій). Для захисту очей доцільно використовувати захисні окуляри ЗП5-90. Скло окулярів вкрито напівпровідниковим оловом, що послаблює інтенсивність електромагнітної енергії при світлопропусканні не нижче 75%.

Взагалі, засоби індивідуального захисту необхідно використовувати лише тоді, коли інші захисні засоби неможливі чи недостатньо ефективні: при проходженні через зони опромінення підвищеної інтенсивності, при ремонтних і налагоджувальних роботах в аварійних ситуаціях, під час короткочасного контролю та при зміні інтенсивності опромінення. Такі засоби незручні в експлуатації, обмежують можливість виконання трудових операцій, погіршують гігієнічні умови.

У радіочастотному діапазоні засоби індивідуального захисту працюють за принципом екранування людини з використанням відбиття і поглинання ЕМП. Для захисту тіла використовується одяг з металізованих тканин і радіопоглинаючих матеріалів. Металізовану тканину роблять із бавовняних ниток з розміщеним всередині них тонким проводом, або з бавовняних чи капронових ниток, спірально обвитих металевим дротом. Така тканина, наче металева сітка, при відстані між нитками до 0,5 мм значно послаблює дію випромінювання. При зшиванні деталей захисного одягу треба забезпечити контакт ізольованих проводів. Тому електрогерметизацію швів здійснюють електропровідними масами чи клеями, які забезпечують гальванічний контакт або збільшують ємнісний зв'язок неконтактуючих проводів.

Лікарсько-профілактичні заходи передбачають проведення систематичних медичних оглядів працівників, які перебувають у зоні дії ЕМП, обмеження в часі перебування людей в зоні підвищеної інтенсивності електромагнітних випромінювань, видачу працюючим безкоштовного

лікарсько-профілактичного харчування, перерви санітарно-оздоровчого характеру.

4.2. Захист програмного забезпечення від надзвичайних ситуацій

Програмне забезпечення – сукупність програм системи обробки інформації і програмних документів, необхідних для експлуатації цих програм. Основною функцією будь-якого програмного забезпечення є обробка інформації та керування апаратними компонентами комп'ютера. Головною небезпекою для програмного забезпечення, що може завадити йому правильно виконувати свої функції або знищити його – це комп'ютерні віруси.[17]

Щоб ефективно боротися з вірусами, необхідно мати уявлення про властивості вірусів і орієнтуватися в методах протидії вірусам. Вірусом називається спеціально створена програма, здатна самостійно поширюватися в комп'ютерному середовищі. Якщо вірус потрапив в комп'ютер разом з однією з програм або з файлом документа, то через деякий час інші програми або файли на цьому комп'ютері будуть заражені. Якщо комп'ютер підключений до локальної або глобальної мережі, то вірус може поширитися і далі, на інші комп'ютери. Автори вірусних програм створюють їх з різних спонукань, проте результати роботи вірусів виявляються, як правило, схожими – псують програми і документи, що знаходяться на комп'ютері, що часто призводить до їх втрати. Деякі віруси здатні знищувати взагалі всю інформацію на дисках комп'ютерів, вартість якої може в десятки і сотні разів перевищувати вартість самого комп'ютера.

Для захисту від вірусів можна використовувати:

- Загальні засоби захисту інформації, які корисні також і як страхівка від фізичного псування дисків, неправильно працюючих програм чи хибних дій користувачів;
- Профілактичні заходи, що дозволяють зменшити ймовірність зараження вірусом;

- Спеціалізовані програми для захисту від вірусів.

Загальні засоби захисту інформації корисні не тільки для захисту від вірусу. Є дві основні різновиди цих засобів:

- Копіювання інформації – створення копій файлів і системних областей дисків;
- Розмежування доступу – запобігає несанкціоноване використання інформації, зокрема, захист від змін програм і даних вірусами, неправильно працюючими програмами та помилковими діями користувачів.

Існують три межі захисту від комп'ютерних вірусів:

- Запобігання надходження вірусів;
- Запобігання вірусної атаки, якщо вірус все-таки поступив на ПК;
- Запобігання руйнівних наслідків, якщо атака все-таки відбулася.

Існують три методи реалізації захисту:

- Програмні засоби захисту;
- Апаратні методи захисту;
- Організаційні методи захисту.

Основним засобом захисту інформації є резервне копіювання найцінніших даних. У разі втрати інформації по кожній з перерахованих вище причин жорсткі диски переформатовують і готують до нової експлуатації. На відформатований диск встановлюють все необхідне програмне забезпечення, яке теж беруть з дистрибутивних носіїв. Відновлення комп'ютера завершується відновленням даних, які беруть з резервних носіїв.

При резервування даних варто також мати на увазі й те, що треба окремо зберігати всі реєстраційні і парольні дані для доступу до мережних служб Інтернету. Їх не слід зберігати на комп'ютері. Зазвичай місце зберігання – службовий щоденник у сейфі керівника підрозділу.

Створюючи план заходів з резервного копіювання інформації, необхідно враховувати, що резервні копії повинні зберігатися окремо від ПК. Тобто, наприклад, резервування інформації на окремому жорсткому диску того ж

комп'ютера тільки створює ілюзію безпеки. Відносно новим і досить надійним прийомом зберігання цінних, але неконфіденційних даних є їх зберігання в Web-папках на видалених серверах в Інтернеті. Є служби, що безкоштовно надають простір (до декількох Мбайт) для зберігання даних користувача.

Резервні копії конфіденційних даних зберігають на зовнішніх носіях, які зберігають у сейфах, бажано в окремих приміщеннях. При розробці організаційного плану резервного копіювання враховують необхідність створення не менше двох резервних копій, які зберігаються в різних місцях. Між копіями здійснюють ротацію. Наприклад протягом тижня щодня копіюють дані на носії резервного комплекту А, а через тиждень їх замінюють комплектом Б, і т.д.

Допоміжними засобами захисту інформації є антивірусні програми та засоби апаратного захисту. Так, наприклад, просте відключення перемикача на материнській платі не дозволить здійснити стирання мікросхеми ПЗУ (флеш-BIOS), незалежно від того, хто буде намагатися це зробити: комп'ютерний вірус, зловмисник або необережний користувач.

Існує досить багато програмних засобів антивірусного захисту. Вони надають наступні можливості.

1. Створення образу жорсткого диска на зовнішніх носіях (наприклад, на гнучких дисках). У разі виходу з ладу даних в системних областях жорсткого диска збережений "образ диска" може дозволити відновити якщо не всі дані, то принаймні їх велику частину. Це ж засіб може захистити від втрати даних при апаратних збоях і при неакуратному форматуванні жорсткого диска.

2. Регулярне сканування жорстких дисків у пошуках комп'ютерних вірусів. Сканування звичайно виконується автоматично при кожному включенні комп'ютера і при розміщенні зовнішнього диска в пристрої. При скануванні слід мати на увазі, що антивірусна програма шукає вірус шляхом порівняння коду програм з кодами відомих їй вірусів, що зберігаються в базі даних. Якщо база даних застаріла. А вірус є новим, скануюча програма

його не виявить. Для надійної роботи слід регулярно оновлювати антивірусну програму. Бажана періодичність оновлення – один раз на два тижні; допустима – один раз на три місяці.

3. Контроль за зміною розмірів та інших атрибутів файлів. Оскільки деякі комп'ютерні віруси на етапі розмноження змінюють параметри заражених файлів. Контролююча програма може виявити їх діяльність і попередити користувача.

4. Контроль за зверненнями до жорсткого диска. Оскільки найбільш небезпечні операції, пов'язані з роботою комп'ютерних вірусів, так чи інакше звернені на модифікацію даних, записаних на жорсткому диску, антивірусні програми можуть контролювати звернення до нього і попереджати користувача про підозрілу активність.

Незважаючи на те, що загальні засоби захисту інформації дуже важливі для захисту від вірусів, все ж таки їх одних недостатньо. Необхідно і застосування спеціалізованих програм для захисту від вірусів. Ці програми можна розділити на кілька видів: детектори, доктори (фаги), ревізори (програми контролю змін у файлах і системних областях дисків), доктори-ревізори, фільтри (резидентні програми для захисту від вірусів) і вакцини (імунізатори).

Програми-детектори дозволяють виявити файли, заражені одним з кількох відомих вірусів.

Програми-доктори, або фаги, "лікують" заражені програми або диски, видаляючи із заражених програм тіло вірусу, тобто відновлюючи програму в тому стані, в якому вона перебувала до зараження вірусом.

Програми-ревізори спочатку запам'ятовують відомості про стан програм і системних областей дисків, а потім порівнюють їх стан з початковим. При виявленні невідповідностей про це повідомляється користувачеві.

Доктори-ревізори – це гібриди ревізорів та докторів, тобто програми, які не тільки виявляють зміни у файлах і системних областях дисків, а й можуть у разі змін автоматично повернути їх у початковий стан.

Програми-фільтри розташовуються резидентно в оперативній пам'яті комп'ютера і перехоплюють ті звернення до операційної системи, які використовуються вірусами для розмноження і нанесення шкоди, і повідомляють про них користувачеві.

Програми-вакцини, або імунізатори, модифікують програми і диски таким чином, що це не відбивається на роботі програм, але той вірус, від якого виробляється вакцинація, вважає ці програми або диски вже зараженими. Ці програми вкрай неефективні і далі не розглядаються.

До апаратних засобів захисту від вірусів належать мережеві екрани (брандмауери, фаєрволи (Firewall)). Це прилад розроблений для перевірки пакетних даних, які отримує користувач з локальної чи глобальної мережі. Мережевий екран підключається перед мережевою картою і блокує вірусні програми, чим запобігає їхньому потраплянню на жорсткий диск.

Захист програмного забезпечення від вірусних програм є важливою і необхідною процедурою, для забезпечення ефективної і вірної роботи комп'ютерної системи. Оскільки позбутись вірусних програм буває тяжко і це може зайняти багато часу, слід дотримуватись профілактичних засобів. Найкращим методом захисту є встановлення мережевого екрану, та програмних антивірусних засобів, що запобігають потраплянню вірусів на комп'ютер.

4.3. Висновки до розділу

При роботі з будь-яким електронним обладнанням організм людини потрапляє під дію електромагнітного поля, що випромінюється даним обладнанням. ЕМП в залежності від його інтенсивності і частоти може по різному впливати на організм людини, але цей вплив є негативним. Тому при роботі чи обслуговуванні обладнання, що є джерелом ЕМП слід дотримуватись певних правил: обмежувати час роботи з джерелами ЕМП, використовувати захисні екрани, користуватись спецодягом, що запобігає впливу ЕМП, тощо.

Головною вимогою до програмного забезпечення є його точність у здійснюванні оброки інформації. Якщо програмне забезпечення піддалось впливу вірусного програмного забезпечення, воно може вийти з ладу або виконувати свої функції з помилками. При виникненні надзвичайної ситуації слід вжити необхідних засобів по очистці жорсткого диску від вірусного програмного забезпечення. Для попередження подібних надзвичайних ситуацій слід застосовувати антивірусні програми та мережеві екрани.

РОЗДІЛ 5

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Метою дипломного проекту є дослідження особливостей і характеристик мультиплексування та частотного розділення сигналу в оптоволоконному кабелі. Головною метою розділу є встановлення економічної доцільності проведення даного дослідження.

5.1. Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи

Ефективне використання часу має велике значення тому, що коефіцієнт корисної дії залежить від оптимального використання часу.

Розробку поділяють на декілька етапів, що дозволить полегшити і структурувати виконання розробки.

Основні етапи при виконанні розробки веб-сайту наступні:

1. Підготовка опису задачі.
2. Збір необхідної інформації по особливості передачі сигналу в світловодах.
3. Збір необхідної інформації по існуючих методах мультиплексування та частотного розділення сигналу.
4. Аналіз отриманої інформації.
5. Порівняння методів мультиплексування за їхніми основними характеристиками.
6. Розробка альтернативної системи мультиплексування сигналу.

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід.

Виконавцем усіх операцій по даного дослідження являється інженер.

Витрати часу по окремих операціях технологічного процесу відображені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Операції технологічного процесу та час їх виконання

№ п/п	Назва операції (стадії)	Виконавець	Середній час виконання операції, год.
1.	Підготовка опису задачі.	Інженер	8
2.	Збір необхідної інформації по особливості передачі сигналу в світловодах.	Інженер	16
3.	Збір необхідної інформації по існуючих методах мультиплексування та частотного розділення сигналу.	Інженер	16
4.	Аналіз отриманої інформації.	Інженер	24
5.	Порівняння методів мультиплексування за їхніми основними характеристиками.	Інженер	16
6.	Розробка альтернативної системи мультиплексування сигналу.	Інженер	32
Разом			112

5.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України “Про оплату праці” заробітна плата – це “винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу”.

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

При розрахунку заробітної плати кількість робочих днів у місяці слід в середньому приймати – 24,5 дні/міс., або ж 196 год./міс. (тривалість робочого дня – 8 год.).

Місячний оклад кожного працівника слід враховувати згідно існуючих на даний час тарифних окладів. Рекомендовані тарифні ставки: керівник проекту – 4,5...8,0 грн./год., інженер – 3,0...5,0 грн./год., консультант – 3,5...5,5 грн./год., технік – 3,0...4,5 грн./год., лаборант – 2,0...3,5 грн./год.

Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн.} = T_c \cdot K_z, \quad (5.1)$$

де:

T_c – тарифна ставка, грн.;

K_z – кількість відпрацьованих годин.

Оскільки всі види робіт в даному випадку виконує інженер, то основна заробітна плата буде розраховуватись тільки за однією формулою

$$Z_{осн.} = 5 \cdot 112 = 560 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 % від суми основної заробітної плати.

$$З_{\text{дод.}} = З_{\text{осн.}} \cdot K_{\text{допл.}}, \quad (5.2)$$

де $K_{\text{допл.}}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам, 0,1–0,15 (візьмемо його рівним 0,1).

$$З_{\text{дод.}} = 560 \cdot 0,1 = 56 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ($B_{\text{o.n.}}$) визначаються за формулою:

$$B_{\text{o.n.}} = З_{\text{осн.}} + З_{\text{дод.}} \quad (5.3)$$

$$B_{\text{o.n.}} = 560 + 56 = 616 \text{ грн.}$$

Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

1. фонд страхування на випадок безробіття – 1,3 %;
2. фонд по тимчасовій втраті працездатності – 2,9 %;
3. пенсійний фонд – 32,3 %.

У сумі зазначені відрахування становлять 37,5 %.

Отже, сума відрахувань на соціальні заходи буде становити:

$$B_{\text{с.з.}} = \Phi_{\text{оп}} \cdot 0,375, \quad (5.4)$$

де $\Phi_{\text{оп}}$ – фонд оплати праці, грн.

$$B_{\text{с.з.}} = 616 \cdot 0,375 = 231 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2

Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п/п	Категорія працівни- ків	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарахув. на ФОП, грн.	Всього витрати на плату праці, грн. 6=3+4+5
		Тарифна ставка, грн.	К– стьвідпра- цьов. год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
А	Б	1	2	3	4	5	6
1.	інженер	5	112	560	65	231	847

5.3. Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни:

$$M_{vi} = q_i \cdot p_i, \quad (5.5)$$

де:

q_i – кількість витраченого матеріалу i –го виду;

p_i – ціна матеріалу i –го виду.

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити:

$$З_{м.в.} = \sum M_{vi}. \quad (5.6)$$

Проведені розрахунки занесемо у таблицю 5.3.

Таблиця 5.3

Зведені розрахунки матеріальних витрат

Найменування матеріальних ресурсів	Один. виміру	Норма витрат	Ціна за один., грн.	Затрати матер., грн.	Транспортно-заготівельні витрати, грн.	Загальна сума витрат на матер., грн.
1	2	3	4	5	6	7
1. Основні матеріали						
Використання мережі Internet	години	—	100	100	—	100
Разом:						100

5.4. Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1–ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S, \quad (5.7)$$

де: W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Вартість кіловат-години електроенергії слід приймати згідно існуючих на даний час тарифів (0,1556 грн. + 20% ПДВ за 1 кВт). Отже, 1 кВт з ПДВ коштує 0,1868 грн.

Потужність комп'ютера для створення проекту – 550 Вт, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 3.1 – 112 години.

Тоді,

$$Z_g = 0,55 \cdot 112 \cdot 0,1868 = 11,51 \text{ грн.}$$

5.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B \cdot H_A}{100\%}, \quad (5.8)$$

де: A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.;

B_B – балансова вартість групи основних фондів на початок звітного періоду, грн.;

H_A – норма амортизації, %.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для даного проекту засобом розробки є комп'ютер. Його сума становить 3600 грн. Отже, амортизаційні відрахування будуть рівні:

$$A = 3600 \cdot 5\% / 100\% = 180 \text{ грн.}$$

Оскільки робота виконувалась 172 години, то амортизаційні відрахування будуть становити:

$$A = 180 \cdot 112 / 112 = 180 \text{ грн.}$$

5.6. Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління спілкою та створення необхідних умов праці.

В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20–60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників.

$$H_{\text{в}} = B_{\text{о.п.}} \cdot 0,2 \dots 0,6, \quad (5.9)$$

де $H_{\text{в}}$ – накладні витрати.

Отже, накладні витрати:

$$H_{\text{в}} = 616 \cdot 0,2 = 123,2 \text{ грн.}$$

5.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 5.4.

Таблиця 5.4

Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
1	2	3
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	616	48,8
Відрахування на соціальні заходи	231	18,3
Матеріальні витрати	100	7,9
Витрати на електроенергію	11,51	0,9
Амортизаційні відрахування	180	14,3
Накладні витрати	123,2	9,8
Собівартість	1261,71	100

Собівартість (C_6) програмного продукту розрахуємо за формулою:

$$C_6 = B_{o.n.} + B_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_6 + A + H_6. \quad (5.10)$$

Отже, собівартість програмного продукту дорівнює:

$$C_6 = 616 + 231 + 100 + 11,51 + 180 + 123,2 = 1261,71 \text{ грн.}$$

5.8. Розрахунок ціни проведеного дослідження

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (5.11)$$

де $P_{рен}$ – рівень рентабельності, 30 %;

K – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$ – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

$ПДВ$ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Оскільки дослідження є прикладним, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти K та $B_{н.і.}$, оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни дослідження буде мати вигляд:

$$Ц = C_B \cdot (1 + P_{рен}) \cdot (1 + ПДВ). \quad (5.12)$$

Звідси ціна на проект складе:

$$Ц = 1261,71 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 1968,27 \text{ грн.}$$

5.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність (E_p) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \frac{\Pi}{C_B}, \quad (5.13)$$

де: Π – прибуток;

C_B – собівартість.

Плановий прибуток ($\Pi_{пл}$) знаходимо за формулою:

$$\Pi_{пл} = Ц - C_{\epsilon}. \quad (5.14)$$

Розраховуємо плановий прибуток:

$$\Pi_{пл} = 1968,27 - 1261,71 = 706,56 \text{ грн.}$$

Отже, формула для визначення економічної ефективності набуде вигляду:

$$E_p = \frac{\Pi_{пл}}{C_{\epsilon}}. \quad (5.15)$$

Тоді,

$$E_p = 706,56 / 1261,71 = 0,56.$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень (T_p):

$$T_p = \frac{1}{E_p} . \quad (5.16)$$

Термін окупності дорівнює:

$$T_p = 1 / 0,56 = 1,8 \text{ роки}$$

5.10. Висновки до розділу

В організаційно-економічній частині дипломного проекту було розраховано основні техніко-економічні показники дослідження особливостей і характеристик мультиплексування і частотного розділення сигналу в оптоволоконному кабелі (таблиця 5.5).

Розраховане значення економічної ефективності, яке становить 0,56, що є високим значенням.

Так само нормальним є термін окупності, який повинен коливатися від 1 до 3 років, тоді розробка вважається доцільною і економічно вигідною. Для даного продукту він становить 1,8 років.

Таблиця 5.5

Техніко–економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1.	Собівартість, грн.	1261,71
2.	Плановий прибуток, грн..	706,56
3.	Ціна, грн.	1968,27
4.	Економічна ефективність	0,56
5.	Термін окупності, рік	1,8

Отже, даний проект може бути впроваджений та мати подальший розвиток, оскільки він є економічно вигідним за всіма основними техніко-економічними показниками.

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЯ

6.1. Використання в Україні альтернативних джерел енергії

В теперішній час можна спостерігати значний інтерес вчених різних країн до дослідження та використання альтернативних джерел енергії. Насамперед це пов'язано з великою необхідністю охорони навколишнього середовища.[18]

Рушійною силою цього процесу являються виникаючі зміни в енергетичній політиці країн із структурою перебудови паливно-енергетичного комплексу, пов'язаною з екологічним станом, який виникає в наш час як перехід на енергозберігаючі та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, так і в промисловості та житловому комплексі.

Дедалі більше ми можемо спостерігати з телевізійних екранів за новими конференціями, симпозіумами та зустрічами вчених щодо розглядання стану і перспектив розвитку використання альтернативних джерел енергії. На мою думку, дане питання варте розглядання не тільки через те, що людство наближається до так званої енергетичної кризи, але й через питання екології.

Питання екології все більше і більше впливають на наше життя. Як відомо, здоров'я людини на 20% залежить від екології, а це більше, ніж від рівня розвитку медицини. Сучасні найбільш використовувані джерела електроенергії - це гідро -, тепло - і атомні електростанції. Але вони не екологічні.

Альтернативна енергетика, побудована на використанні невичерпних джерел енергії, може стати тим елементом, яке допоможе Україні стати незалежною в газовій та паливній сферах.

Розглянемо окремі види альтернативної енергії, яку може використати наша країна:

Вітер – один з нетрадиційних джерел енергії. Вітер, розглядається спеціалістами, як один із найбільш перспективних джерел енергії, який може замінити не тільки традиційні джерела, але й ядерну енергетику.

Найбільш придатними для вітрових електростанцій (ВЕС) на Україні являються північні області та Крим. На початок 2008 року сумарна потужність ВЕС України складала 89 МВт.

Ініційований в 2004 році проект будування ВЕС в АР Крим допускає введення загальних потужностей до 300 МВт. ВЕС які були розташовані в Чорноморському районі – 100 турбін потужністю 200 МВт та в Ленінському районі – 50 турбін потужністю 100 МВт. Вибір цих районів обумовлений кращими умовами підключення до ЛЕП та кращими вітровими характеристиками. Слід зазначити, що головними виробниками електроенергії Криму являються ТЕС, які використовують вугілля та працюють на газу, в режимі виробництва електроенергії та тепла. З цього всього випливає, що використання в Криму вітрових електростанцій значно полегшить економічне становище даного регіону.

Геліоенергетика або сонячна енергетика – це незалежне використання сонячного випромінювання, для отримання будь-якому виду енергії.

Землі достатньо використати тисячну долю енергії сонячних променів. Так, річні значення інтенсивності сонячного випромінювання на горизонтальній поверхні площею 1 м² складають: для екватору, широта 0° - 2200 кВт/г, середні широти, 45° - 1900 кВт/г, Центральна Англія, 52° - 1400 кВт/г, 66,5° - 1200 кВт/г.

Вже зараз використання сонячних батарей економічно виправдане для забезпечення автономних споживачів електроенергії. В майбутньому геліоенергетика, за більшістю прогнозованих оцінок, повинна стати основним способом отримання електроенергії. АР Крим є самим сонячним регіоном в Україні, таким чином йому просто випадає унікальна можливість скористатися даним видом альтернативної енергії.

Даний напрямок не новий, в Україні вже існують гідроелектростанції на малих річках. Існують навіть цілі регіони, де життя населення залежить від доставки вуглеводневого палива, а в той же час на місці є малі ріки, які мають достатній запас води. Тому й доцільно розвивати малу енергетику як альтернативне джерело енергії.

До об'єктів малої гідроенергетики відносяться міні-ГЕС – потужністю до 100кВт, мікро-ГЕС – до 100 кВт та власні малі ГЕС – 15-25 МВт.

Виходячи з вище сказаного можна впевнено стверджувати, що наша країна багата на альтернативні джерела енергії та, незважаючи на їх високу ціну, ми все ж повинні використовувати дані джерела енергії, тому що за ними наше майбутнє – як розвинутої, незалежної від експортерів країни.

6.2. Організаційні форми, види і способи статистичного спостереження в екології

Статистичне спостереження в екології – це планомірний, науково-організований збір масових даних про екологічні явища і процеси. Здійснюється шляхом реєстрації за заздалегідь розробленою програмою спостереження.[19]

У статистичній практиці застосовують дві організаційні форми спостереження: звітність і спеціально організовані статистичні спостереження.

Звітність це форма статистичного спостереження, при якій статистичні дані надходять у статистичні органи від підприємств і установ у вигляді обов'язкових і таких, що мають юридичну силу звітів про їх роботу.

Звітність підприємств, установ та організацій є поки що основним джерелом статистичної інформації. У ній передбачається система твердо регламентованих показників, які характеризують діяльність підприємств, установ та організацій. Зміст звіту, форма і термін подання також встановлюється вищим статистичним органом. Звітність складають на основі документів первинного оперативно-технічного і бухгалтерського обліку.

Вірогідність гарантується також юридичною відповідальністю керівників підзвітних підприємств та організацій.

За різними ознаками статистичну звітність поділяють на окремі види. Насамперед розрізняють типову і спеціалізовану звітність:

- типова звітність має єдину форму і зміст для всіх підприємств окремої галузі або всього народного господарства.
- спеціалізована звітність властива тим підприємствам чи окремим виробництвам, що мають свої специфічні особливості.

За порядком проходження звітність поділяють на централізовану і децентралізовану:

- централізована звітність проходить через систему державної статистики, де обробляється і передається відповідним органам управління;
- децентралізована опрацьовується у відповідних міністерствах чи відомствах, а зведення подають статистичним органам.

Другою за значенням організаційною формою спостереження є спеціально організоване статистичне спостереження. Застосовують його у випадках, коли не можна застосувати звітність або скласти звітність нерационально; коли необхідно детально вивчити явище поряд з вивченням його у формі звітності або потрібно перевірити вірогідність даних звітності.

Спеціально організоване статистичне спостереження поєднує в собі такі організаційні форми: а) перепис, б) суцільне і несуцільне обстеження.

Види і способи спостереження. Різноманітність соціально-економічних явищ потребує різних видів спостереження.

Різновид спостереження визначається ознакою групування: охоптом одиниць сукупності, часом проведення, способом одержання статистичних даних.

За охоптом одиниць сукупності спостереження поділяють на суцільне і несуцільне:

- при суцільному спостереженні обстеженню і реєстрації підлягають усі без винятку елементи сукупності; прикладами суцільного спостереження є

статистична звітність, яку складають і подають державні і кооперативні підприємства чи установи, а також перепис населення;

- при несучільному спостереженні обліку підлягають не всі елементи сукупності, наприклад обстеження бюджетів населення.

Несучільні спостереження поділяють на такі види: спостереження основного масиву, вибіркове, монографічне і анкетне:

- спостереження основного масиву охоплює переважну частину елементів сукупності, обсяг значень істотної ознаки у яких визначає розмір явища. Цей метод використовують при вивченні екологічного стану регіонів.

- при вибіркового спостереженні також обстежуються не всі елементи сукупності, а певна, випадково відібрана їх частина. Таке спостереження застосовують для вивчення якості природних сфер, екологічного стану НПС, забрудненості об'єктів середовища тощо;

- монографічне спостереження передбачає детальне обстеження лише окремих типових елементів сукупності. До цього вдаються з метою поглибленого вивчення тих сторін екологічних явищ, які не були висвітлені масовим обстеженням;

- анкетні спостереження розповсюджені в соціальних і демографічних, при вивченні громадської думки щодо різноманітних соціальних питань, таких як умови праці і відпочинку, житлові умови, організація громадського харчування тощо. Це відносно дешевший вид спостереження, але менш точний, оскільки відповіді на питання анкети дають переважно зацікавлені особи.

За часом проведення статистичне спостереження поділяють на поточне, періодичне і одноразове:

- поточне спостереження полягає в безперервній реєстрації фактів по мірі їх виникнення. Так здійснюється облік викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, природні водойми, ґрунти;

- періодичне спостереження проводиться регулярно, здебільшого через рівні проміжки часу;

– одноразове спостереження проводять епізодично з метою вирішення певних соціально-економічних завдань. Прикладом є обстеження при аварійних та інших надзвичайних ситуаціях.

За способом одержання статистичних даних виділяють: безпосередній облік фактів, документальний облік і опитування респондентів:

– безпосередній облік фактів передбачає безпосередній огляд, перелік, вимірювання, зважування тощо. Так проводять інвентаризацію викидів на підприємствах;

– документальний облік ґрунтується на даних різноманітних документів первинного обліку. Найбільш широкого вжитку він набув при складанні статистичної звітності, екологічних паспортів, паспортів забруднюючих речовин тощо;

– опитування респондентів – це таке спостереження, при якому відповіді на питання формуляра записують зі слів респондента. Опитування буває експедиційне, само реєстрація, кореспондентське і анкетне:

– при експедиційному опитуванні спеціально підготовлені реєстратори заповнюють формуляри спостереження і одночасно перевіряють правдивість відповідей на питання;

– само реєстрація – це опитування, при якому респонденти самі заповнюють статистичні формуляри. Працівники статистичних органів лише інструктують їх і перевіряють повноту та правильність одержаних відомостей;

– кореспондентське опитування здійснюють спеціальні дописувачі, які заповнюють формуляри згідно з інструкцією і передають відомості статистичним органам;

– при анкетному опитуванні анкети респондентам вручають особисто або висилають поштою. Опитування може проводитись також у формі інтерв'ю. Це спосіб допускає довільність відповідей респондентів на поставлені питання, з'ясування їх думок.

Різноманітність екологічних явищ, їх специфіка, особливості статистичного вимірювання потребують поєднання зазначених способів і видів спостереження.

6.3. Моніторинг атмосферного повітря

Зміни у навколишньому природному середовищі відбуваються під впливом природних і антропогенних (зумовлених діяльністю людини) біосферних факторів. Пізнання цих змін неможливе без виокремлення антропогенних процесів на фоні природних, для чого й організовують спеціальні спостереження за різноманітними параметрами біосфери, які змінюються внаслідок людської діяльності. Саме у спостереженні за довкіллям, оцінюванні його фактичного стану, прогнозуванні його розвитку полягає сутність моніторингу.[20]

Моніторинг атмосферного повітря – це система спостережень за станом атмосфери, його забрудненням і природними явищами, які відбуваються в ньому, а також оцінка і прогноз стану атмосферного повітря (контроль, аналіз, висновки).

Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря проводиться з метою отримання, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки та прогнозування його змін і ступеня небезпечності та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі охорони атмосферного повітря (ст. 32 Закону України “Про охорону атмосферного повітря”). Він є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля України.

До об’єктів моніторингу атмосферного повітря належить: атмосферне повітря, у тому числі атмосферні опади; викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Суб’єктами, які здійснюють моніторинг атмосферного повітря, є: Мінприроди України, МНС України, Державна санітарно-епідеміологічна

служба МОЗ України, їх органи на місцях, підприємства, установи, організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану атмосферного повітря.

Проведення моніторингу атмосферного повітря має на меті отримання: первинних даних контролю за викидами та спостережень за станом забруднення; узагальнених даних про рівень забруднення на певній території за певний проміжок часу; узагальнених даних про склад та обсяги викидів забруднюючих речовин; оцінки рівня та ступеня небезпечності забруднення для довкілля та життєдіяльності населення; оцінки складу та обсягів викидів забруднюючих речовин.

Мінприроди України здійснює свою діяльність у галузі охорони атмосферного повітря спільно з санітарно-епідеміологічною службою МОЗ України та його органами на місцях у частині дотримання нормативів екологічної безпеки та інших правил і нормативів, спрямованих на запобігання негативному впливу на здоров'я людей; Державною автомобільною інспекцією МВС України та її органами на місцях у частині дотримання нормативів вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах та шкідливого впливу фізичних факторів, встановлених для відповідного типу автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки; іншими державними органами, а також органами місцевого самоврядування відповідно до законодавства України.

Місцеві органи державної виконавчої влади контролюють, як виконуються і дотримуються правила по оздоровленню навколишнього середовища, як здійснюється санітарна охорона атмосферного повітря. Вони забезпечують проведення заходів щодо охорони навколишнього середовища, запобігання, зниження інтенсивності й усунення шуму у виробничих, жилих і громадських приміщеннях, у дворах, на вулицях і площах населених пунктів.

Згідно зі ст. 29 Закону України "Про охорону атмосферного повітря" виробничий контроль у галузі охорони атмосферного повітря здійснюють суб'єкти господарювання, які в своїй діяльності використовують джерела шкідливих хімічних, біологічних і фізичних впливів на атмосферне повітря і які

призначають осіб, що відповідають за проведення виробничого контролю в галузі охорони атмосферного повітря.

6.4. Висновки до розділу

Використання альтернативних джерел енергії є основною складовою у вирішенні як екологічної, так і енергетичної кризи. В першу чергу використання альтернативних джерел енергії вимагає менших затрат і має більшу ефективність у стратегічному плані. Також використання енергії сонця, вітру, припливів та відпливів не приносить шкоди екології, а при спалюванні палива у атмосферу потрапляє велика кількість вуглекислого газу. Для України альтернативна енергетика є потенційною запорукою енергетичної незалежності. На сьогоднішній день альтернативна енергетика України є слаборозвинутою, але має великий потенціал.

Статистичне спостереження в екології – це планомірний, науково-організований збір масових даних про екологічні явища і процеси. Здійснюється шляхом реєстрації за заздалегідь розробленою програмою спостереження. Саме статистичне спостереження забезпечує більшу частину інформації про екологічний стан та може спрогнозувати зміну екологічного стану в майбутньому. На основі статистичних досліджень приймаються рішення про проведення інших видів екологічних досліджень чи застосуванні заходів для уникнення екологічних катастроф.

Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря проводиться з метою отримання, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки та прогнозування його змін і ступеня небезпечності та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі охорони атмосферного повітря.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі було розглянуто явища, які впливають на передачу світлового сигналу у оптоволоконному середовищі. В результаті аналізу методів мультиплексування та частотного розділення сигналів було встановлено, що:

- На фізичному рівні покращити якісні характеристики оптичного каналу передачі інформації, можна реалізувати лише вдосконаленням технології виготовлення оптоволоконного кабелю.
- Обґрунтовано, що для збільшення пропускної здатності оптоволоконної лінії передачі інформації використовують технології мультиплексування, що можуть використовувати вже наявні лінії зв'язку.
- Виявлено недоліки методів модового мультиплексування та ущільнення за поляризацією, що зумовлені неоднорідностями у структурі волоконно-оптичного кабелю.
- При порівнянні існуючих методів мультиплексування було виявлено, що найкращими характеристиками володіють системи WDM та PON.
- На основі проведеного аналізу розроблено структурну схему альтернативної системи мультиплексування сигналу, яка працює за принципом WDM та TDM, але з використанням принципу паралелізму.
- Обґрунтовано, що даний метод мультиплексування можна застосовувати як для організації оптичних мереж, так і для передачі інформації в магістральних лініях зв'язку, що дозволить багатократно збільшити максимальну швидкість передачі інформації групового потоку.
- Система дозволяє збільшувати пропускну здатність групового каналу за потребою, встановленням додаткового апаратного обладнання (передавачів/приймачів).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А. Л. Дмитриев. Оптические системы передачи информации /Учебное пособие.б–СПб: СПбГУИТМО, 2007. – 96 с.
2. Однорог П. М., Михайленко Є. В., Омецінська О. Б. WDM під редакцією Катка В. Б. – Київ, 2005. – 194с.
3. Однорог П. М., Михайленко Є. В., Котенко М. О., Омецінська О. Б. Оптичні мережі доступу (xPON) під редакцією Катка В. Б. – Київ, 2006. – 65с.
4. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»
5. Введение в технологию PON [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL :<http://ic-line.ua/wiki/pon-glava1> – Назва з екрану.
6. Андрэ Жирар Руководство по технологии и тестированию систем WDM (2001)
7. Пассивные оптические сети (PON/EPON/GEPON)[Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL :<http://book.itep.ru/4/41/pon.htm> – Назва з екрану.
8. Технология GEPON [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL :<http://www.ixbt.com/comm/zyxel-gepon.shtml> – Назва з екрану.
9. Что такое DWDM, отличия DWDM от CWDM [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://ic-line.ua/wiki/dwdm-glava1> – Назва з екрану.
10. Как работает DWDM система. Мультиплексирование. Схемы включения. Дальность работы. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://ic-line.ua/wiki/dwdm-glava2> – Назва з екрану.
11. Слепов Н. Оптическое мультиплексирование с разделением по длине волны [Електронний ресурс] / Н. Слепов / - Режим доступу : URL: http://www.osp.ru/nets/1999/04/144015/_p1.html – Назва з екрану.

12. Слепов Н. Синхронные сети SDH [Електронний ресурс] / Н. Слепов / - Режим доступу: URL: http://mister-grey.narod.ru/book_info/104.html – Назва з екрану.
13. Иванов А. Б. Волоконная оптика. Системы передачи. Компоненты. Измерения. – М. : Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999. – 476 с.
14. Семнов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС / М.: Академия АйТи; ДМК Пресс, 2007. – 632 с.
15. Бакланов И.Г. Тестирование и диагностика систем связи – М.: Эко-Трендз, 2001. – 271 с.
16. Захист від електромагнітних випромінювань [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL :<http://library.if.ua/book/9/966.html> – Назва з екрану.
17. Методи захисту від комп'ютерних вірусів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL :http://ua-referat.com/Методи_захисту_від_комп%60ютерних_вірусів – Назва з екрану.
18. Тюрін К.П. Використання альтернативних джерел енергії, їх майбутнє в енергетиці [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL :<http://eprints.kname.edu.ua/21742/1/67-71.pdf> – Назва з екрану.
19. В.В. ТАРАСОВА Екологічна статистика. –Київ «Центр учбової літератури», 2008 – 392 с.
20. Моніторинг атмосферного повітря [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL :http://lubbook.net/book_571_glava_10_Lekcija10_Monitorin.html – Назва з екрану.